

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



#4
Docket No. 520.41285X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): KIKUCHI, et al
Serial No.: 10/083,257
Filed: February 27, 2002
Title: WAVELENGTH-MULTIPLEXED NARROW-BANDWIDTH
OPTICAL TRANSMITTER AND WAVELENGTH-
MULTIPLEXED VESTIGIAL-SIDE-BAND OPTICAL
TRANSMITTER

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

April 19, 2002

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the
applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on:

Japanese Patent Application No. 2002-043099
Filed: February 20, 2002

A certified copy of said Japanese Patent Application is
attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus
Registration No.

MK/gfa
Attachment



本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 2月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-043099

[ST.10/C]:

[JP2002-043099]

出 願 人

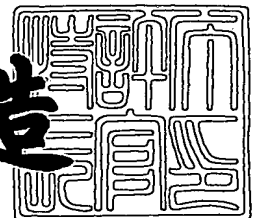
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2002年 3月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3017818

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P1026

【提出日】 平成14年 2月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04L 12/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 菊池 信彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 早瀬 茂規

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 武鎗 良治

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071
【選任した代理人】
【識別番号】 100094352
【弁理士】
【氏名又は名称】 佐々木 孝
【電話番号】 03-3661-0071
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 081423
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光帯域狭窄化送信装置および光残留サイドバンド送信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の中心波長の異なる諸光信号を伝送する複数の第 1 の光伝送路と、

この複数の光伝送路が光学的に接続される第 1 の光合波器と、

波長に対して所定の周期的な透過特性を持つ光フィルタと、

前記光フィルタよりの射出光を伝送する第 2 の光伝送路とを少なくとも有し、

前記複数の中心波長の異なる諸光信号を、前記第 1 の光合波器で合波した後、前記合波された複数の諸光信号を、前記光フィルタを透過せしめ、前記中心波長の異なる複数の波長の各々に対応して、前記光フィルタ透過前の各々の光信号と比較して帯域狭窄化された各光信号を得ることを可能としたこと特徴とした光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 2】 複数の中心波長の異なる諸光信号を伝送する複数の第 1 の光伝送路と、

この複数の光伝送路が光学的に接続される第 1 の光合波器と、

波長に対して所定の周期的な透過特性を持つ光フィルタと、

前記光フィルタよりの射出光を伝送する第 2 の光伝送路とを少なくとも有し、

前記複数の中心波長の異なる諸光信号を、前記第 1 の光合波器で合波した後、前記合波された複数の諸光信号を、前記光フィルタを透過せしめ、前記複数の中心波長の異なる波長の各々に対応して、前記光フィルタ透過前の各光信号の各々から片側サイドバンドに対応する光信号を透過せしめ、この透過した各光信号を残留サイドバンド信号となすことを可能としたことを特徴とした光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 3】 前記第 1 の光合波器は、その複数個を有し、

前記光フィルタは、前記複数の第 1 の光合波器の各々に対応して配置された、波長に対して所定の周期的な透過特性を持つ光フィルタの複数個を有し、

前記複数の光フィルタを透過した複数の光信号を合波する第 2 の光合波器と、当該第 2 の光合波器よりの射出光を伝送する第 2 の光伝送路を少なくとも有し、

且つ

前記第 1 の光伝送路、前記第 1 の光合波器、及び前記光フィルタの所定の組は、互いに N （但し、 N は 2 以上の整数）番目の波長ごとに波長インタリーブされた N 組の波長多重信号を出力し、且つこの出力された N 組の波長多重光を、互いの偏波状態を制御することなく、前記第 2 の光合波器によって合波することを可能としたことを特徴とした請求項 1 に記載の光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 4】 前記第 1 の光合波器は、その複数を有し、

前記光フィルタは、前記複数の第 1 の光合波器の各々に対応して配置された、波長に対して所定の周期的な透過特性を持つ光フィルタの複数を有し、

前記複数の光フィルタを透過した複数の光信号を合波する第 2 の光合波器と、当該第 2 の光合波器よりの射出光を伝送する第 2 の光伝送路を少なくとも有し、
且つ

前記第 1 の光伝送路、前記第 1 の光合波器、及び前記光フィルタの所定の組によって、互いに N （但し、 N は 2 以上の整数）番目の波長ごとに波長インタリーブされた N 組の波長多重信号を出力し、且つ前記 N 組の波長多重光を、互いの偏波状態を制御することなく、前記第 2 の光合波器によって合波することを特徴とした請求項 2 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 5】 前記第 2 の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、且つ前記第 2 の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、又、第 2 の光合波器の複数の透過ピーク波長を当該第 2 の光合波器に入射される各光信号の中心波長に略一致させることを特徴とした請求項 3 に記載の光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 6】 前記第 2 の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、且つ前記第 2 の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、又、第 2 の光合波器の複数の透過ピーク波長を当該第 2 の光合波器に入射される各光信号の片側サイドバンド部に略一致させることを特徴とした請求項 4 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 7】 前記第 1 の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、且つ前記第 1 の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号の

スペクトル幅より小とし、又、前記第 1 の光合波器の光透過ピーク波長を当該第 1 の光合波器に入射される光信号の中心波長に一致させることを特徴とした請求項 3 に記載の光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 8】 前記第 1 の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、且つ前記第 1 の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、又、前記第 1 の光合波器の光透過ピーク波長を当該第 1 の光合波器に入射される光信号の片側サイドバンド部に略一致させることを特徴とした請求項 4 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 9】 複数の光伝送路と、

前記複数の光伝送路の各々に光学的に接続される、透過帯域幅が当該光伝送路を伝搬する信号のスペクトル幅より狭い、少なくとも一個の光フィルタとを有し、且つ

光信号を前記複数の光伝送路に分岐して導入し、

前記各光伝送路に対して、この光伝送路に対応する前記光フィルタの透過特性のピーク波長が互いに些少に異なるように設定し、前記複数の光伝送路を通過する光信号の内のひとつの光信号を光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、且つ

前記各々の光伝送路を透過した光信号の強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とする光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 10】 前記第 1 の合波器を経由して第 1 の光フィルタに至る光路の途中に、第 1 の光分岐器を配置し、

前記第 1 の分岐器で分岐された光を入射する、透過帯域幅が当該光信号のスペクトル幅より狭い透過特性を有する第 2 の光フィルタと、

第 2 の光フィルタよりの透過光を受光する第 1 の光受光器と、

前記第 1 の光フィルタを透過した光を複数の光路に分岐する第 2 の光分岐器と

その分岐された光の少なくとも一つを受光する第 2 の光受光器と、

前記第 1 及び第 2 の光受光器よりの信号に対応して動作する帰還信号回路を有

し、

且つ、前記第 1 と第 2 の光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定し、前記第 2 の光分岐器で分岐された光信号の少なくとも一つを光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、

且つ、それぞれの波長の光信号について、前記第 1 及び第 2 の光フィルタを透過した光信号の強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした請求項 2 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 1 1】 前記第 1 の合波器を経由して第 1 の光フィルタに至る光路の途中に、第 1 の光分岐器を配置し、

前記第 1 の分岐器で分岐された光を入射する、透過帯域幅が当該光信号のスペクトル幅より狭い透過特性を有する第 2 の光フィルタと、

第 2 の光フィルタよりの透過光を受光する第 1 の光受光器と、

前記第 1 の光フィルタを透過した光を複数の光路に分岐する第 2 の光分岐器と

その分岐された光の少なくとも一つを受光する第 2 の光受光器と、

前記第 1 及び第 2 の光受光器よりの信号に対応して動作する帰還信号回路を有し、

且つ、前記第 1 と第 2 の光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定し、前記第 2 の光分岐器で分岐された光信号の少なくとも一つを光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、

且つ、それぞれの波長の光信号について、前記第 1 及び第 2 の光フィルタを透過した光信号の強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした請求項 4 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 1 2】 前記第 1 の合波器を経由して第 1 の光フィルタに至る光路の途中に、第 1 の光分岐器を配置し、

前記第 1 の分岐器で分岐された光を入射する、透過帯域幅が当該光信号のスペクトル幅より狭い透過特性を有する第 2 の光フィルタと、

第 2 の光フィルタよりの透過光を受光する第 1 の光受光器と、

前記第 1 の光フィルタを透過した光を複数の光路に分岐する第 2 の光分岐器と

、
その分岐された光の少なくとも一つを受光する第 2 の光受光器と、

前記第 1 及び第 2 の光受光器よりの信号に対応して動作する帰還信号回路を有し、

且つ、前記第 1 と第 2 の光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定し、前記第 2 の光分岐器で分岐された光信号の少なくとも一つを光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、

且つ、それぞれの波長の光信号について、前記第 1 及び第 2 の光フィルタを透過した光信号の強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした請求項 6 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 1 3】 前記第 1 の合波器を経由して第 1 の光フィルタに至る光路の途中に、第 1 の光分岐器を配置し、

前記第 1 の分岐器で分岐された光を入射する、透過帯域幅が当該光信号のスペクトル幅より狭い透過特性を有する第 2 の光フィルタと、

第 2 の光フィルタよりの透過光を受光する第 1 の光受光器と、

前記第 1 の光フィルタを透過した光を複数の光路に分岐する第 2 の光分岐器と

、
その分岐された光の少なくとも一つを受光する第 2 の光受光器と、

前記第 1 及び第 2 の光受光器よりの信号に対応して動作する帰還信号回路を有し、

且つ、前記第 1 と第 2 の光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定し、前記第 2 の光分岐器で分岐された光信号の少なくとも一つを光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、

且つ、それぞれの波長の光信号について、前記第 1 及び第 2 の光フィルタを透過した光信号の強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした請求項 8 に記載の光残

留サイドバンド送信装置。

【請求項 1 4】 前記第 1 の合波器、前記光フィルタを経由する光路に対して、
前記第 1 の合波器を光分岐を合わせ可能な第 1 の光分岐器となし、

この第 1 の光分岐器で分岐された光を入射する、波長に対して周期的な特性を持つ波長基準デバイスを更に有し、前記光フィルタの透過特性の波長周期と、概波長基準デバイスの波長周期とを互いに整数倍、もしくは整数分の 1 とすることを、もしくは両者を共用させたことを特徴とした請求項 1 に記載の光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 1 5】 前記第 1 の合波器、前記光フィルタを経由する光路に対して、
前記第 1 の合波器を光分岐を合わせ可能な第 1 の光分岐器となし、

この第 1 の光分岐器で分岐された光を入射する、波長に対して周期的な特性を持つ波長基準デバイスを更に有し、前記光フィルタの透過特性の波長周期と、概波長基準デバイスの波長周期とを互いに整数倍、もしくは整数分の 1 とすることを、もしくは両者を共用させたことを特徴とした請求項 2 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【請求項 1 6】 少なくとも前記光フィルタの波長周期以上にわたって出力光波長を可変することが可能な光源を備えることを特徴とした請求項 1 4 に記載の光帯域狭窄化送信装置。

【請求項 1 7】 少なくとも前記光フィルタの波長周期以上にわたって出力光波長を可変することが可能な光源を備えることを特徴とした請求項 1 5 に記載の光残留サイドバンド送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバを用いた光情報通信において光信号の帯域削減に用いる、光帯域狭窄化方式と光残留サイドバンド伝送（V S B）方式、およびこれらの方式を用いた光送信装置の構成に関わるものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光ファイバ中に波長の異なる複数の光信号を多重して情報伝送を行う波長多重(WDM)光伝送方式は、光ファイバ通信の大容量化に極めて有効な手法である。近年、波長数100、総伝送容量1Tbit/sを越える波長多重光伝送装置が製品化されつつあり、実験的にはさらに10倍もの波長数・伝送容量を持つ伝送システムの実現が検討されている。このような大容量の情報伝送には非常に広い周波数(波長)帯域を必要とする。しかし、その特性の上限は光ファイバの損失の低い波長帯域幅や、伝送路の途中で光信号の中継/増幅に用いられる、EDFA(Erbium-doped Fiber Amplifier)などの希土類添加光ファイバ増幅器や半導体光増幅器、光ファイバラマン増幅器などの光増幅器の増幅波長帯域によって制限されている。一般に広く用いられているC-bandのEDFAの波長帯域は1530nm~1560nmの30nmであり、周波数幅では3.8THz程度である。L-band光増幅器やラマン増幅器を用いることでこの範囲を数倍に拡大することはできるものの、励起効率の低下によるコスト増や光アンプの性能低下などを生じてしまう。

【0003】

このような有限の波長帯域をさらに有効に活用し伝送容量を増大する手段として、光信号の持つ信号帯域幅を削減し、光信号(光チャネル)をさらに密に配置することによって光信号の周波数(波長)密度の向上する手段がある。本発明で取り扱う光帯域狭窄化方式および残留サイドバンド伝送方式はこのような手段の例である。

【0004】

光帯域狭窄化方式とは、情報信号で変調された光信号の中心部を狭い光フィルタで切り出し、光信号の光スペクトルの両端の情報伝送に不要な高周波成分や周波数チャープを捨てることによって、光信号の帯域幅を低減する技術である。

【0005】

残留サイドバンド(Vestigial Side Band; VSB)方式とは、片側サイドバンド(Single Side Band; SSB)伝送方式の一種であり、信号の両側サイドバンドのうちどちらか一方をフィルタなどで切り出し、他方を除去することによって伝送帯域をおよそ1/2に低減する技術

である。以下では簡単のため、本方式を V S B 方式と略称する。

【 0 0 0 6 】

両技術とも無線通信などで広く用いられているものの、光ファイバ通信においては現在までに実用化された例はなく、学会などで基礎的な検討がなされている状況である。以下では、両技術のうち従来の残留サイドバンド方式を波長多重光伝送装置に適用した例を示し、これら両技術に関する従来方式の難点を示す。

【 0 0 0 7 】

図 6 は従来の V S B 方式を適用した波長多重光送信機の例である。信号光源 1 0 6 - 1 ~ 1 0 6 - 6 はそれぞれ異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_6$ の光信号を出力する信号光源である。各光信号はそれぞれ伝送すべきデジタル情報信号で強度変調され、光信号のオン・オフ状態によって 1・0 の各情報をあらわしている。これらの信号光源は通常、半導体レーザの直接変調や、半導体レーザ光源と光変調器の組み合わせ等で実現される。これらの光信号は入力光ファイバ 1 0 0、光ファイバ 1 0 5 を介して光合波器 1 0 1 に入力されその内部で合波されたのちに、出力光ファイバ 1 0 4 から出力され、波長多重光として光ファイバ伝送に用いられる。光合波器 1 0 1 としては、光信号の損失の少ない AWG (Arrayed Waveguide Grating) や、N 入力光カプラなどの素子が用いられている。従来の残留サイドバンド方式においては、各信号光源 1 0 6 - 1 ~ 1 0 6 - 6 の出力光をそれぞれ透過中心波長の異なる狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1 ~ 1 1 3 - 6 でフィルタリングし、各波長ごとに光 V S B 信号に変換する。

【 0 0 0 8 】

この様子を光スペクトルを用いて説明したものが図 7 である。たとえば、信号光源 1 0 6 - 3 から出力された中心波長 λ_3 の光信号は、情報信号で強度変調されているため、光フィルタ入力点である F 点では図 7 (a) のように波長 λ_3 の中心キャリア (太線) の周囲におよそ情報信号のビットレート程度の幅で光信号スペクトルが広がっている。このうち中心キャリアより短波長側 (高周波側) を上側波帯 (上側サイドバンド)、長波長側を下側波帯 (下側サイドバンド) と呼ぶ。図 7 (b) は狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 3 の透過特性であり、本フィルタは光信号のスペクトル幅に比べおよそ 1 / 2 程度の透過帯域幅を持った光バンドパ

スフィルタであり、その中心波長が光信号の中心キャリアの波長からわずかに長波長側、もしくは短波長側にずらされており、上側波帯・下側波帯のどちらか一方を透過するように設定されている。本例では下側波帯のみを切り出すため、G点では図7(c)のように光信号の上側波帯が失われ、その分波長帯域幅が狭まっている。これらの光信号を光合波器101で合波することによって、図6のH点においては図7(d)のように高密度波長多重信号を得ることができる。

【0009】

尚、光帯域狭窄化の場合も波長多重光送信機の構成は同様である。光VSB方式との相違点は、狭帯域光フィルタ（たとえば113-3）の透過中心波長を光信号の中心波長（たとえば λ_3 ）に完全に合致させ、光信号の中心部を切り出す点である。光フィルタの透過帯域幅は両側波帯の基本周波数成分を透過し、不要な高周波成分を除去できる幅（～ビットレート）とする必要があり、図7(e)のようにVSB方式の場合より広いものとなる。又、フィルタリング後の光信号は両側波帯を持っており、その帯域幅もVSB方式より広いものとなるため、信号波長の密度は図7(f)のようにVSB方式に比べてやや低下する。

【0010】

このような従来の技術を用いたVSB光送信機には以下に示すように多くの難点が存在する。まず、光信号をそれぞれフィルタリングする必要があるため、波長多重化する光信号と同数の光フィルタが必要となりコストが上昇し、送信機の構成が複雑になる。又、これらの光フィルタはそれぞれ中心波長が異なっており、帯域幅が高精度（信号ビットレートの10分の1程度）に制御されている必要があり、製造が困難で予備部品の種類や管理の手間が増えるという難点がある。

【0011】

又、光信号の波長と、狭帯域フィルタの透過帯域の中心波長の間隔は非常に高精度（信号ビットレートの10分の1程度；数GHz）に設定されている必要があり、両者が誤差を生じると伝送距離や隣接波長へのクロストークなどの特性に大きな劣化を生じる。特に、このような光フィルタの中心部からずれた位置への光信号の波長安定化は、入力光信号の強度変化や透過特性の経年変化などによる外乱の影響を受け制御誤差を生じやすい。

【 0 0 1 2 】

一般に、光フィルタや半導体レーザの波長は温度や周囲の環境の変化や経年変化によって数 1 0 G H z ～ 数 1 0 0 G H z の変化を持つ。従来、波長多重光伝送においては送信光源の波長の安定化のため、波長ロッカーなどの波長基準フィルタを光送信機内部に配置してこれを基準に光源となる半導体レーザの波長を安定化を行う技術が用いられている。しかしながら、これまで、光波長帯域狭窄化送信機や光 V S B 光送信機において、これらの波長基準デバイスと信号波長、狭帯域光フィルタの 3 者の波長関係をどのように制御するかについては具体的な解決法が提示されていない。これらに波長ずれを生じると光信号の波形や伝送特性が悪化したり、波長多重信号間にクロストークを生じる。

【 0 0 1 3 】

又、送信光源の波長を広範囲に可変にするような場合、従来の構成では狭帯域光フィルタの透過特性を送信光源の波長変化に追従して大きく変化させる必要があり、波長可変範囲に制限を生じたり、波長可変速度が低下するなどの弊害が生じてしまう。

【 0 0 1 4 】

又、光帯域狭窄化送信機の場合にも、ほぼ同様の問題がある。即ち、波長多重化する光信号と同数の光フィルタが必要となり、コストの上昇や、構造の複雑化、光フィルタの製造・管理が困難などの問題がある。又、光信号の波長と、狭帯域フィルタの透過帯域の中心波長が高精度（信号ビットレートの 1 0 分の 1 程度；数 G H z）に合致している必要がある、又、送信光源の波長を大きく可変することが困難である。

【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、上記のような諸問題を解消した実用的な光 V S B 送信機もしくは、光帯域狭窄化送信機を提供することにある。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

本願発明では、多数の光フィルタが必要となる点を、第 1 の光合波器で光信号を波長多重したのちに、波長に対して周期的な透過特性を持つ光フィルタを用い

て、これら複数の光信号を一括して帯域狭窄化することによって解決が可能である。VSB変調方式の場合も同様に周期的な透過特性を持つ光フィルタを用いて、複数の光信号から同時にそれぞれの片側サイドバンドを取り出し、一括して残留サイドバンド信号に変換することで解決できる

上記本発明の一括フィルタリング方式においては、隣接波長の光信号のクロストークが増大するという課題があるが、これは上記一括フィルタリングを用いた波長多重光送信機の出力光を、さらにN番目の波長ごとにインタリーブして合成することによって解決できる。すなわち、互いにN（Nは2以上の整数）番目の波長ごとに波長インタリーブされたN組の波長多重信号を出力するN個の波長多重光帯域狭窄化送信機もしくは波長多重光残留サイドバンド送信機の出力光を第2の光合波器によって合波して出力とすればよい。

【0017】

本発明の周期的な透過特性を持つ光フィルタの機能は、上記第1もしくは第2の光フィルタの機能に含めても構わないため、第1の合波器もしくは第2の光合波器もしくはその両方に、透過率に波長依存性のある光合波器を用い、かつ本光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、又、本光合波器の複数の透過ピーク波長を第2の光合波器に入射される各光信号の中心波長に略一致させることで、もしくは各光信号の片側サイドバンド部に略一致させることで上記課題が解決できる。

【0018】

尚、本発明において、波長を一致させるとは、例えば、2つの波長間の差周波数が信号ビットレートの $1/4$ 以下の精度で合致していることを指す。光帯域狭窄化方式の場合でも、光残留サイドバンド送信方式の場合でも、信号スペクトル幅をビットレートの $1/2$ 程度に削減するため、フィルタの中心周波数精度としては最低限その半分程度が好適である。

【0019】

又、光残留サイドバンド方式において光信号の中心波長と光フィルタの中心波長の波長オフセット量を高精度に制御しなければならない課題に対しては、次の方策が採用される。即ち、光信号を複数の光路に分岐し、透過帯域幅が信号のス

ペクトル幅より狭い一個以上の光フィルタ透過せしめ、各光路に対して光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定する。そして、このうちひとつの光路を通過した光信号を光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、且つおのおのの光路を透過した光信号強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御する。この際、特性の異なる二個の光フィルタを使っても、一個の光フィルタを2光路で共用しても構わない。

【0020】

尚、ここで、2つの光フィルタのピーク波長の相違量は、一方のフィルタを透過した光信号が片側サイドバンド信号となる必要性から決められる。少なくとも、この相違量は、光信号の信号ビットレートの $1/2$ より大きく、ビットレートの2倍以下となすことが好適である。

【0021】

この波長安定化手法は、周期的な透過特性を持った光フィルタを用いて波長多重信号を一括してVSB信号化する際にも適用することができる。この場合には、周期的透過特性を持つ第1の光フィルタと、第1の光フィルタの透過特性のピークとわずかに波長のずれた点に透過特性のピークのある周期的透過特性を持つ第2の光フィルタの2つのフィルタの透過信号強度を検出して、波長安定化を行えばよい。尚、2つの光信号に対する透過特性さえ異なれば第1、第2の光フィルタが同一のものであっても構わない。

【0022】

又、光信号と、本発明の狭帯域フィルタ波長安定化デバイスの波長関係については、この狭帯域光フィルタおよび波長安定化デバイスの双方に波長に対して周期的な透過特性を持つ光フィルタを用い、両者の透過特性の波長周期を互いに整数倍、もしくは整数分の1とする。こうして、ITU標準などで決められた一定の波長間隔でVSB光信号や帯域狭窄化光信号が得られるようになり、本発明が広範囲に適用できるようになる。この構成で光送信機の波長を広範囲に可変にすることによって、これまで問題であった狭帯域光フィルタの波長追従の必要性や波長可変範囲の低下、波長可変速度が低下するなどの難点が解決できる。

【 0 0 2 3 】

又、この光フィルタと波長基準デバイスを同一の筐体ないし基板上に配置し、両者が互いに熱的に結合し両者の透過特性に波長ずれが生じないようにすることが良い。こうして、両者の波長ずれに起因する光信号の波形や伝送特性の悪化や、波長多重信号間にクロストークを生じる問題が解決できる。この問題は、両者の透過特性が互いに所定位置から波長ずれを生じないようにこの波長基準デバイスを基準に光フィルタの透過波長を制御することによっても解決できる。同様に、光信号の中心波長が光フィルタの透過率のピークに対して所定量の波長ずれを生じるように制御し、且つ光フィルタによって光信号を片側サイドバンド化し、且つ片側サイドバンド化された光信号の重心波長が波長基準デバイスの基準波長に一致するように光フィルタの透過波長を制御することでも解決できる。本手法は、本発明の2つの透過ピークのずれた狭帯域光フィルタを用いた光信号波長とフィルタ透過波長の波長ずれ量の安定化手法にも組み合わせることが可能であり、同様の問題の解決が図れる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の第1の実施形態を示す構成図である。それは、本発明の波長多重光残留サイドバンド(VSB)送信機の構成を示している。その骨子は次の通りである。即ち、波長の異なる3つの信号光源106-1、106-2、106-3(波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3)の出力光は、入力光ファイバ100を介して第1の光合波器101に導かれて波長多重される。この後に、入力波長に対して周期的な透過特性を持つ周期性狭帯域光フィルタ102によって一括フィルタリングされて光VSB信号に変換され、出力ファイバ104から出力される。

【 0 0 2 5 】

図2は本発明の原理を光スペクトルを用いて説明したものである。図2の(a)は図1の第1の光合波器101-1の出力点(A点)における光信号のスペクトルであり、一本の光ファイバ中を波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の3つの光信号が波長多重伝送されている。各光信号は、情報信号で強度変調されているため光スペクトルが中心キャリアの周りに広がり、その両側に上下2つの側波帯が現れている

。図 2 の (b) は周期性狭帯域光フィルタ 1 0 2 の透過特性である。本図の範囲には周期的に 3 つの透過特性の山が現れており、その周期は波長多重信号の波長間隔と同一である。これらの透過波長のピーク位置は波長多重伝送される複数の光信号の下側波帯のおよそ中心にそれぞれ合致するように設定されている。本例では、光フィルタの透過特性は 3 周期分しか示していないが、実際には光信号の波長数に対応して数 1 0 ～数 1 0 0 個以上の透過特性のピークを持つ光フィルタが使用可能である。図 2 の (c) は周期性狭帯域光フィルタ 1 0 2 の出力点 B における光信号のスペクトルであり、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の各信号の下側波帯付近が切り出されて光 V S B 信号に変換され、各信号の波長帯域は図 2 の (a) のおよそ $1/2$ に削減される。

【 0 0 2 6 】

尚、本例では下側波帯を取り出す例を示したが、上側側波帯を抽出するようにしても本発明の構成、効果ともに影響はない。又、本例では波長多重 V S B 送信機の例を示したが、波長多重光帯域狭窄化送信機の場合も構成は同様である。光 V S B 方式との相違点は、狭帯域光フィルタ（たとえば 1 1 3 - 3）の透過中心波長を両側波帯光信号の中心波長（中心キャリア）に完全に合致させ、光信号の中心部を切り出す点である。

【 0 0 2 7 】

更に、本例では狭帯域光フィルタの透過特性のピークの間隔は、波長多重信号の波長間隔と同一としたが、整数分の一であってもかまわない。このようにすると光信号の波長間隔に比べ光フィルタの波長周期 (Free Spectral Range ; FSR) を狭くできるという利点がある。通常の光フィルタでは Q 値 (= FSR / 透過帯域幅) に上限があり FSR が一定のままでは透過帯域幅の狭いフィルタの実現は困難である。しかし、FSR を狭くできれば光フィルタの Q 値が同じでもより透過帯域の狭い光 V S B 方式用の光フィルタが容易に実現できるようになる。

【 0 0 2 8 】

又、本例ではすべての透過特性のピーク位置に光信号が配置されているが、必ずしもこのようにする必要はない。未使用の波長があっても、また光ファイバ伝

送時の四光波混合（FWM）による劣化を避けるなどの目的で光信号の波長間隔を不等間隔となるように特定の透過ピークにのみ配置することも可能である。

【 0 0 2 9 】

又、本例で用いる光信号には、光信号が両側側波帯を持つ変調方式もしくは帯域狭窄が可能である変調方式であればどのような変調方式であっても構わない。前者としては例えば、NRZ（Non-Return to Zero）やRZ（Return-to-Zero）、CSRZ（Carrier-Suppressed RZ）などのさまざまな変調符号が適用可能である。後者としては、前者の例の他に光デュオバイナリ変調などにも適用可能である。上記条件を満たせば強度変調でなくとも構わない。

【 0 0 3 0 】

又、本例では、各光部品が入力光ファイバ100、光ファイバ105、出力光ファイバ104を用いて結合もしくは光入出力を行なう構成であるが、これらについては必ずしもこの限りではない。例えば、空間中を伝播する平行ビームを用いて各素子を結合したり、導波路を用いて結合することも可能である。又、各素子を隣接して並べる場合には必ずしも必要としない。

【 0 0 3 1 】

第1の光合波器101には、複数の経路から入力される異なる波長の光信号を、合成して一本の光信号として出力する機能のあるデバイスであれば、どのようなものでも使用可能である。例えば、波長依存性のない光方向性結合器やスターカプラやビームスプリッタが使用可能である。もしくは波長依存性があり低損失な光合波器であるAWGや、誘電体多層膜フィルタや光ファイバグレーティングを多段接続した合波器などが使用可能である。

【 0 0 3 2 】

周期性狭帯域光フィルタ102には、ファブリーペロー光共振器やマッハツェンダ型光干渉計、光リング共振器など、周期的な透過特性を持つ狭帯域光フィルタであれば基本的にどのようなものでも使用可能である。

【 0 0 3 3 】

しかしながら、上記第1の実施形態では波長間隔を密に配置したとき、光信号

間にクロストークが生じ、伝送特性を劣化させる場合がありうる。図3はクロストークの発生原理を光スペクトルを用いて説明した図である。第1の構成で波長数を増加し、光信号の間隔を密にすると、図1のA点における波長多重信号の光スペクトルは図3の(a)のようにお互いの裾が重なりはじめる。これは光信号の隣接波長への漏れ込み(クロストーク)であり、受信感度や伝送距離などの伝送特性を大きく劣化させてしまう。最初の合波時点でクロストークがあると、図3の(b)のような透過特性を持つ周期性狭帯域光フィルタ102で各光信号の下側波帯を取り出したとしても、出力点Bに現れるVSB信号はクロストークを含んだまま出力されるため、光信号の劣化が生じてしまう。このような現象は光信号の波長間隔が光信号のスペクトル幅(およそビットレートの1~2倍)付近まで近接した際に発生する。たとえば40 Gbit/sで強度変調された光信号の場合、光信号のスペクトル幅が40~60 GHz程度に広がるため、波長間隔がおよそ0.8 nm以下(100 GHz以下)の場合にあたる。又、周期性狭帯域光フィルタの特性も、波長間隔が密になると次第に劣化しはじめる。狭帯域光フィルタの帯域幅は、側波帯の幅程度である必要があり、無理に狭くすると波形劣化が生じてしまう。このため波長間隔が近接すると光フィルタの抑圧特性が劣化し、図3の(b)の矢印で示すように、例えば本来波長 λ_2 の信号の上側側波帯を抑圧すべき部分において透過率が高くなり、フィルタリング後の各波長の光信号には図3の(c)のように隣接信号からのクロストークが生じ伝送特性が大きく劣化する。これは複数の波長の光信号を一個の狭帯域光フィルタで一括してVSB信号に変換する際に生じる新しい問題である。実施の形態1では、この点を留意して設計する必要がある。

【0034】

尚、このようなクロストークは波長多重光帯域狭窄化送信機の場合にも発生する。即ち、光信号の波長間隔を近接させて波長多重した場合、同じように最初から光信号間にクロストークが発生する。更に、周期性光フィルタの透過特性も図3の(d)の矢印で示すように劣化し、帯域狭窄効果が低下する。このため、フィルタリング後の光信号には図3の(e)のように隣接信号からのクロストークが発生し、伝送特性が大きく劣化する。波長多重光帯域狭窄化送信機の場合にも

、実施の形態 1 では、この点を留意して設計する必要がある。

【 0 0 3 5 】

図 4 は本発明の第 2 の実施形態を示す構成図である。この例は上記の本発明の第 1 の実施形態における難点を解決するものである。本形態は、図 1 の波長多重信号をさらにインタリーブもしくは光カプラなどの合波器で他の波長多重信号と合波することで波長密度向上時のクロストークを低減する構成である。短波長側から数えて奇数番目の波長の信号光源 1 0 6 - 1、1 0 6 - 3、1 0 6 - 5 (波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_5) は入力光ファイバ 1 0 0 を介して本発明の第 1 の光合波器 1 0 1 - 1 に導かれて波長多重される。又、偶数番目の波長の信号光源 1 0 6 - 2、1 0 6 - 4、1 0 6 - 6 (波長 λ_2 、 λ_4 、 λ_6) も同様に第 1 の光合波器 1 0 1 - 2 で波長多重される。これらの光信号はそれぞれ周期的な透過特性を持つ周期性狭帯域光フィルタ 1 0 2 - 1、1 0 2 - 2 によってそれぞれ個別に V S B 光信号に変換される。

【 0 0 3 6 】

図 5 はこの様子を光スペクトルを用いて説明したものである。図 5 の (a) に示される奇数波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_5 の波長光信号は、第 1 の実施形態と同様の手順で光フィルタ 1 0 2 - 1 によって図 5 の (c) の波長多重光 V S B 光信号に変換されて、図 4 の B 点に出力される。尚、光フィルタ 1 0 2 - 1 の透過特性は図 5 の (b) に例示される。

【 0 0 3 7 】

一方、偶数波長の光信号も、光フィルタ 1 0 2 - 2 によって図 5 の (d) の波長多重 V S B 光信号に変換され、図 4 の D 点に出力される。これら 2 組の光信号は、本発明の第 2 の光合波器 1 0 3 によって合波され、図 5 の (e) の高密度の波長多重信号に変換されて出力ファイバ 1 0 4 から出力される。

【 0 0 3 8 】

このように奇数波長、偶数波長ごとに分けて周期性狭帯域光フィルタで光フィルタリングを行えば、フィルタリング前の信号波長の間隔を第 1 の実施形態に比べ広く取ることが可能となり、隣接波長からのクロストークを抑圧することが可能となる。又、周期性光フィルタの波長周期も広く取ることができ、光

フィルタのクロストーク抑圧特性も改善できる。

【 0 0 3 9 】

尚、光帯域狭窄化方式の場合も、構成は図 4 と同一である。ただし光フィルタの透過中心波長は各光信号の中心波長と合致し、又、光フィルタの帯域幅も本方式に適した幅ととする必要がある。

【 0 0 4 0 】

又、本発明の第 2 の光合波器 1 0 3 にも複数の経路から入力される、異なる波長の光信号を合成して一本の光信号に合成して出力するデバイスであれば、どのようなものでも使用可能である。例えば、第 1 の合波器同様、光方向性結合器（光カプラ）やスターカプラやビームスプリッタ、AWG、誘電体多層膜フィルタや光ファイバグレーティングを多段接続した合波器などが使用可能である。

【 0 0 4 1 】

図 8 は本発明の第 2 の光合波器 1 0 3 としてインタリーバを用いた場合の構成例である。インタリーバは、高密度波長多重伝送において、奇数番目の波長と偶数番目の波長を低損失に合成もしくは分離するための素子である。例えば、図 8 に示すようにガラス基板などの導波路上のマッハツェンダ型干渉計などによって構成することができる。本図は合波器の例であり、入力となる 2 つの光ファイバ 1 0 5 - 1、1 0 5 - 2 は光カプラ 1 0 7 - 1 に結合される。光カプラの 2 つの出力は、それぞれ 2 つの長さの異なる光導波路 1 0 8 - 1 および 1 0 8 - 2 に接続され、これらは再び光カプラ 1 0 7 - 2 で結合される。そして、その 2 つ出力のうち一方が出力光ファイバ 1 0 4 に接続されている。

【 0 0 4 2 】

図 9 は本インタリーバの動作を光スペクトル上で説明する図である。2 つの導波路 1 0 8 - 1、1 0 8 - 2 間の遅延時間差を T とすると、その透過特性は光スペクトル上で周波数 $1/T$ の周期を持つことになる。この周期が偶数波長（もしくは奇数波長）の間隔と等しくなるように設定すると、例えば、図 8 の入力点 B から出力点 E への透過特性は図 9（b）のようになる。又、図 8 の入力点 D から出力点 E への透過特性は図 9（c）のようになる。このように、両者は光スペクトル上で互い違いの透過特性を示す。従って、例えば、奇数波長の光信号を光フ

ファイバ 1 0 5 - 1 に入力し、その中心波長を図 9 の (a) のように図 9 の (b) の透過帯域の中心に合致させれば、これらの光信号は低損失で出力光ファイバ 1 0 5 に導かれる。同様に偶数波長の光信号を光ファイバ 1 0 5 - 2 に入力し、その中心波長を図 9 の (c) の透過帯域の中心に合致させれば、これらの光信号も出力光ファイバ 1 0 5 に導かれる。これがインタリーブの動作原理である。実際のインタリーブでは、さらに何段かの干渉計を接続して、透過帯域幅を拡大したり、帯域内の透過特性をより平坦に改善したりする場合がある。また導波路構造に限らず、光学結晶を組み合わせたバルクの光学系で実現する場合もある。しかしながら、どのような構造であっても問題なく本発明に適用可能である。

【 0 0 4 3 】

尚、本方式における第 2 の光合波器 1 0 3 として、偏波を利用した偏波合波器を用いた構成は原理的に異なる方式であるので、適用出来ない。具体的には、偏波合波器とは偏波ビームスプリッタや偏波保持カップラ等の点 B および点 C の 2 つの光入力を偏波合成して点 E に出力する光デバイスである。即ち、奇数波長・偶数波長をそれぞれ直交偏波で伝送する偏波インタリーブ多重の構成を指す。この理由は偏波合成は「隣接波長の光信号の偏波を直交させることでクロストークを減らす一般的手法」であり、本発明の一括光フィルタリングを行なう際に、波長インタリーブによって信号波長間隔および周期性狭帯域光フィルタの F S R を拡大してクロストークを減らす手法とは異なるからである。尚、偏波合波を行なった場合には、光源 1 0 6 から第 2 の光合波器 1 0 3 に至る光信号の経路をそれぞれすべて偏波保持する必要があるため、コストや送信機の複雑さが増すなどの別の問題点もある。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 は本発明の第 3 の実施形態である。即ち、光信号を波長の短い順に 3 個おきにインタリーブして合波する構成を示したものである。即ち、光信号を波長 $3N+1$ 番目、 $3N+2$ 番目、 $3N$ 番目 (N は整数) の 3 組に分け、それぞれを本発明の第 1 の光合波器 1 0 1 - 1、1 0 1 - 2、1 0 1 - 3 で合波して波長多重信号に変換し、それぞれ周期性狭帯域光フィルタ 1 0 2 - 1、1 0 2 - 2、1 0 2 - 3 によって V S B 信号に変換する。これらの光信号のスペクトルはそれぞ

れ図11の(a)、(b)、(c)のようになる。尚、本図は光スペクトルのうち一部(6波長分)のみを示している。その後これらの光信号は本発明の第2の光合波器103によって合波されて、図11の(d)のような高密度波長多重信号に変換される。このようにインタリーブの基数(本例では3)を所望に増加することによって、周期性光フィルタ102に入力される光信号の間隔をさらに広げ、且つ本フィルタの特性をより急峻とできる。従って、隣接波長からのクロストークをさらに低減することが可能となる。勿論、本例でも、第2の合波器の種類は光カプラでもインタリーブであってもかまわないし、又、VSB方式のみでなく、光帯域狭窄方式においても適用することが可能である。

【0045】

図12は本発明の第4の実施形態である。この例は、周期性光フィルタの機能を第2の光合波器に組み込んだ例である。図13は本実施形態における波長多重信号の配置と光合波器の透過特性を光スペクトル上で説明した図である。本例では第1の合波器101-1、101-2で合波された奇数波長および偶数波長の波長多重光信号は、狭帯域光フィルタ付きインタリーブ109に入力され、奇数・偶数両波長の光信号は狭帯域フィルタリングを行われると同時に合波されて、出力光ファイバ104から出力される。狭帯域光フィルタ及びインタリーブはどちらも周期的な透過特性を持つ光デバイスである。従って、本例のように同一の基板やモジュールに組み合わせて構成することが可能である。このことによってコストや波長精度を必要とする部品数を低減できる。通常のインタリーブは図9の(b)のように信号帯域より広い透過帯域幅を持っているが、本例の狭帯域光フィルタ付きインタリーブは図13の(b)のように透過帯域幅が信号帯域幅と同程度かより狭いものとなる。この結果、各波長の光信号の帯域幅は、図13の(a)から図13の(d)のように狭窄化されるため両者の差は容易に判定がつく。特にVSB方式においては、光フィルタの透過帯域中心波長は図13の(a)、(b)のように信号波長の一方の側波帯の中心にオフセットされる。又、光フィルタ透過後の光信号は図13の(d)のようにVSB光信号に変換される。従って、これらのことから、両者は更に容易に判定できる。

【0046】

尚、本例は狭帯域光フィルタを第2の合波器に組み込む例を示したが、同様に狭帯域光フィルタを第1の合波器に組み込んだり、狭帯域光フィルタおよび第1の合波器および第2の合波器の3者を組み合わせてひとつの光部品として構成することも可能である。この場合も上記と同様に各合波器の透過帯域幅や透過中心波長の位置、及び透過前後の光信号のスペクトル形状の変化から本発明の適用は判別される。

【0047】

図14は本発明の第5の実施形態である。この例は、特に光VSB方式において光信号と狭帯域光フィルタの波長を相互に安定化する手法を示した例である。本実施形態では、光信号の波長の基準として、透過特性のピーク波長が相互にわずかにずれた2つの狭帯域光フィルタ113-1と113-2を用いており、これらのうち一方は光信号をVSB信号に変換する狭帯域光フィルタと兼用されているのが特徴である。情報信号で変調された1波長の光信号を出力する半導体光源110は、温度制御回路111に接続されており、これによって光信号の波長を調整することが可能である。波長 λ_i の出力光は、入力光ファイバ100によって波長ずれ検出機能付き狭帯域光フィルタ118に入力される。その内部では光信号は光分岐器112-1によって2つに分離される。そして、一方が狭帯域光フィルタ113-1に、他方が113-2に入力される。狭帯域光フィルタ113-1を通過した光信号は光VSB信号に変換されており、再び光分岐器112-2によって2分されたのち、一方が出力光ファイバ104-1を介して外部に出力される。この信号は、複数の出力光ファイバ104-2から送られる他の光VSB信号と合波器101で合波されて波長多重信号となる。

【0048】

一方、2つの狭帯域光フィルタ113-1、113-2の出力信号はそれぞれ光検出器114-1、114-2によってその強度を電気信号に変換される。これらの電気信号は、入力光信号の中心波長とVSB光フィルタ中心波長の波長間隔（波長オフセット）を常に一定に保つ安定化制御に用いられる。

【0049】

図15は狭帯域光フィルタと光信号の波長配置を示す図である。波長ずれ検出

機能付き狭帯域光フィルタ 1 1 8 の入力点である図 1 4 の K 点の光信号は図 1 5 (a) のように中心波長が λ_i で両側帯波を持った光信号である。2 つの狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1 および 1 1 3 - 2 は同一の透過形状・透過帯域を持った光フィルタであり、それぞれの中心波長が光信号の上側および下側の側波帯を取り出す位置に設定される。具体的には、両者の透過中心波長の波長間隔 $\Delta \lambda$ は上記 VSB 信号生成の際の最適波長オフセット量の 2 倍となるように設定する。即ち、両狭帯域光フィルタの透過中心波長は、それぞれ $\lambda_c - \Delta \lambda / 2$ 、 $\lambda_c + \Delta \lambda / 2$ となる。このようにすれば、図 1 5 の (a) のように光信号の中心周波数 λ_i が、図 1 5 の (b)、図 1 5 の (c) の 2 つの光フィルタの透過特性のちょうど中心である λ_c に一致したとき、図 1 5 の (d) のように光フィルタ 1 1 3 - 1 から出力される光信号は、最適な VSB 信号に変換される。尚、出力される光信号は VSB 化されているため、その重心波長 λ_g は λ_c とはややずれたものとなる。

【 0 0 5 0 】

光信号、もしくは光フィルタの波長制御は減算回路 1 1 5 と零点制御回路 1 1 6 によって実現される。その原理を示したのが、図 1 6 である。図 1 6 の (a) は入力点である K 点の光スペクトルである。光信号の波長 λ_i が所定のロック点 (両フィルタの透過中心波長の中間 λ_c) より長波長側にずれた場合を示している。この場合、狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1 を透過する光信号は図 1 4 の (c) のように強度が減少し、また狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 2 を透過する光信号は図 1 4 の (d) のように強度が増加する。図 1 4 の (e) は信号波長の位置 λ_i が変化したときに、光検出器 1 1 4 - 1 および光検出器 1 1 4 - 2 より得られる電気信号の強度を示している。上記の例のように信号波長 λ_i がロック点 λ_c から長波長側にずれた場合には、光検出器 1 1 4 - 2 の出力信号 (白丸) が光検出器 1 1 4 - 1 の出力信号 (黒丸) より大となることがわかる。また信号波長 λ_i がロック点 λ_c に一致した場合には両者の強度は等しくなる。従って、減算回路 1 1 5 によって両光検出器 1 1 4 - 1、1 1 4 - 2 の強度差を求め、零点制御回路 1 1 6 によって減算回路 1 1 5 の出力がゼロとなる方向 (本例では短波長方向にずらす) に制御信号 1 1 7 を発生させ、温度制御回路 1 1 1 によって光信号の波

長を変化させるフィードバック制御を行なうことで光信号の中心波長 λ_i を常に λ_c と等しく保つことができる。

【 0 0 5 1 】

このような波長安定化によって、信号波長の狭帯域光フィルタに対する波長オフセットを高精度に所定値に保つことが可能となる。本実施形態のように2つの光フィルタを用いて、その波長差を基準として波長安定化を行えば、経年変化などで光フィルタの透過率や入力信号強度が変化してもその影響を受けないという利点がある。又、常に光信号がずれた側に透過ピークを持つ光フィルタの透過強度が高くなるため、2つの光検出器から得られる強度信号の大きさを比較すれば光信号が長波長側・短波長側どちらにずれたかを判定することが可能である。このため、制御回路の構造が簡単であるという特徴がある。

【 0 0 5 2 】

尚、本例では減算回路 1 1 5 を用いて光信号強度の比較を行っているが、これは除算回路などでも構わない。又、光フィルタや光分岐器の損失、光検出器の変換効率差などを考慮して光検出器 1 1 4 - 1 と 1 1 4 - 2 の強度に重み付けを行ってから比較を行うことによって、制御精度を向上することができる。

【 0 0 5 3 】

又、特に本例の場合、狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1、1 1 3 - 2 を光周波数の基準デバイスとして兼用することも可能である。この際、両狭帯域光フィルタには温度補償を施すなどの手段によって、波長安定性を高めた光フィルタを用いるか、又、狭帯域光フィルタ自身を他の光波長基準デバイスに対して安定化するのが有効である。又、光波長基準デバイスと狭帯域光フィルタを同一の基盤上に製造したり、熱的に結合されたモジュール中に配置すれば、両者の波長ずれが生じず、より精密な波長の安定化が可能となる。

【 0 0 5 4 】

又、出力される V S B 信号の重心波長 λ_g が、ちょうど I T U などの国際標準機関によって定義された波長多重信号の基準光波長と合致するように、あらかじめ狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1、1 1 3 - 2 の中心周波数を基準光波長からずらして設定すると汎用性を増す上で非常に有効である。

【 0 0 5 5 】

尚、本例では光源に半導体光源を用いてその温度によって波長を変化させる例を示したが、光信号の波長を変化させる方式であれば他の方式でもかまわない。例えば、半導体レーザの駆動電流を変化させる方式や、固体レーザやファイバリングレーザの共振器長を変化させる方式など一般のレーザ光源の波長を外部から制御する方式であれば、適用可能である。

【 0 0 5 6 】

又、本例では光源の波長を変化させる例を示したが、狭帯域光フィルタそのものの波長を変化させて光信号の波長に一致させても構わない。ほとんどの光フィルタは透過特性が温度によって波長軸上でシフトするため、例えば、狭帯域光フィルタ 1 1 3 - 1 および 1 1 3 - 2 の温度を同時に変化させることによって、狭帯域フィルタの透過中心波長を光信号の所定位置に合致させることが可能となる。又、光干渉型の光フィルタの光信号経路の加熱や圧力印加による位相調整や誘電体光フィルタの傾斜変化など、光フィルタの透過特性を波長軸上で変化させる手法であればどのような手法でも適用可能である。

【 0 0 5 7 】

又、図 1 7 は本発明の第 6 の実施形態である。この例は、半導体光源 1 1 0 の代わりに波長可変光源 1 2 0 を、また狭帯域光フィルタとして周期性光フィルタ 1 2 1 を用いた例である。尚、図において、符号 1 1 1 は温度制御回路、1 1 2 は - 1、1 1 2 - 2 は光分岐器、1 1 4 - 1、1 1 4 - 2 は光検出器、1 1 5 は減算回路、1 1 6 は零点制御回路、1 1 7 は制御信号、1 1 8 は波長ずれ検出機能付き狭帯域光フィルタ、1 2 0 は波長可変光源、1 2 1 - 1、1 2 1 - 2 は周期性狭帯域光フィルタである。又、符号 1 0 0 は入力光用ファイバ、1 0 4 - 1、1 0 4 - 2 は出力光用ファイバ、1 0 5 は光ファイバである。

【 0 0 5 8 】

周期性光フィルタ 1 2 1 - 1、1 2 1 - 2 を用いたことで、図 1 8 の (b) に示すように 2 つの光フィルタの透過強度が等しくなる複数のロック点が現れる。このため、これら複数の波長に光信号の波長を安定化することが可能となり、これらの離散的な波長を出力可能な波長可変 V S B 光送信機を容易に実現すること

が可能となる。これに対し周期性のない狭帯域光フィルタを用いた場合、波長可変時に狭帯域光フィルタの中心波長と光信号の波長の両方を動かす必要があり、制御回路が複雑化し高精度な制御が困難となったり、波長可変速度が遅くなるという問題がある。又、波長可変量が大きい場合でも、狭帯域光フィルタを同じ量だけ波長軸上で動かさねばならず、光フィルタの構造によっては実現が困難な場合が多い。本発明では狭帯域光フィルタが周期的なロック点を持つので、狭帯域光フィルタの安定性を増し波長基準に兼用するか、もしくは別の波長基準デバイスに対し安定化すれば、波長可変時には光信号の波長のみを変化させればよい。従って、光信号の波長制御方式を簡素化し、波長可変速度を高速化することができる。

【 0 0 5 9 】

尚、本例では2つの周期性光フィルタの透過特性の周期が完全に同一である例を示したが、実際には両者の周期がわずかにずれていても限られた波長範囲では同様に周期的に2つのフィルタの透過率が等しくなるロック点を得られるため問題がない。

【 0 0 6 0 】

又、特にロック点の周期がITU標準波長と一致、もしくは整数倍となるようにしておく、波長可変を行なっても信号波長が常にITU標準波長と一致するためきわめて有利である。尚、現時点でITU標準波長合致しておらずとも、将来的にはさらに高密度の標準波長が決定される可能性があるため、ITU標準波長の整数分の1に設定しておくことも有効である。

【 0 0 6 1 】

図19は本発明の第7の実施形態である。本例は本発明の第2の実施形態に上記の波長安定化手法を適用したものである。本例は簡略化のため波長 λ_i の信号光源106-1に関わる部分のみを図示している。

【 0 0 6 2 】

信号光源106-1では、あらかじめ正弦波発振器122-1から得られる周波数 f_i の低周波信号を、加算器123-1で温度制御回路111-1に加えている。この結果、半導体光源110-1の温度が正弦波状に変化し、出力波長 λ

f_i は周波数 f_i でわずかに FM 変調される。周波数 f_i は信号光源ごとに異なる固有の値であり、各波長の識別に用いられる。波長 λ_i の光信号は、入力光ファイバ 100-1 を通って第 1 の光合波器 101-1 に導かれ、ここで他の入力ファイバ 100-2 から送られる波長の異なる他の奇数波長の光信号と波長多重される。この光信号は、波長制御機能付き狭帯域光フィルタ 118 に入力され、2 つの周期性光フィルタ 121-2 および 121-2 に入力される。前者を透過した光信号の一部は光ファイバ 105-1 を通って第 2 の光合波器 103 に導かれ、光ファイバ 105-2 から送られる偶数波長の光信号と合波されて出力ファイバ 104-1 に出力される。

【0063】

周期性光フィルタ 121-2 及び 121-2 は第 5 の実施形態同様にそれぞれ互いに透過波長がわずかにずれたものであり、図 18 の (b) のように複数のロック点を持っている。各波長の光信号はそれぞれ波長の異なるロック点に安定化することで、同時に複数の信号光波長を VSB 化に最適な波長に保つことが可能となる。このように複数の光信号を同時に安定化する場合には、各信号光源に対する誤差情報を分離する必要がある。本例では、減算回路 115 で 2 つの光検出器 114-1 と 114-2 の光検出信号の差を計算し、これを誤差信号 125-1、125-2 として各信号光源に分配する。信号光源 106-1 内では誤差信号 125-1 からバンドパスフィルタ 124-1 によって信号光源 106-1 に対応した周波数 f_i の成分、即ち、本波長の誤差成分のみを抽出してこれを零点制御回路 116-1 に送って信号波長の安定化を実現している。尚、図 19 においてこれまでの図と同様部位はその符号の説明は省略する。

【0064】

このように各光信号の波長を本発明の周期性狭帯域光フィルタ 121-1、121-2 に安定化することによって、波長安定化に必要な光部品を大幅に削減し、光送信機の構成を簡素化しコストを低下することが可能となる。また本例のように複数の光信号間で波長基準デバイスと狭帯域光フィルタを兼用した場合、これらのデバイスを複数個用いた場合に生じる波長ずれの累積を抑圧できるため、信号光の波長をより精密に制御し隣接波長へのクロストークを低下し、光信号の

波長密度を高めることが可能となる。

【0065】

本例では、各信号光源の誤差信号の識別には、波長ごとに固有の周波数の正弦波で信号波長を変調する手法を用いたが、同様の機能があれば他の手法を用いてもかまわない。たとえば光信号の強度変調であってもかまわないし、また各信号に固有の位相・強度・周波数変調などを施したサブキャリアを重畳してもかまわない。また識別の手法も正弦波周波数に限ることはなく、固有の符号やランダム信号などの相関検出や同期検波であってもかまわない。また光ファイバ中のSBS（誘導ブリュアン散乱）の抑圧を目的として、各光源に印加されるFM変調成分をこの目的に利用してもかまわない。

【0066】

図20は、本発明の第8の実施形態の模式的な斜視図である。本例は前記実施形態における本発明の波長ずれ検出機能付き狭帯域光フィルタ118の具体的な実現例であり、3cm×2cm程度の小型の温度安定化基板134上にビームスプリッタやバルク光学素子を精密実装している。入力光ファイバ100（図19の光ファイバ105に対応）から入力された波長多重光信号は、ビームコリメータ130-1によって並行光に変換されて空間中を伝播し、ビームスプリッタ131-1によって2つの光ビームに分離される。一方の光ビームは、ファブリーペローエタロン132-2（図19の周期的光フィルタ121-2に相当）に入力されたのち、フォトダイオード133-2（図19の光検出器114-2に相当）によって光強度を電気信号に変換して出力する。他方の光ビームは、ファブリーペローエタロン132-1（図19の周期的光フィルタ121-1に相当）に入力されたのち、再びビームスプリッタ131-2によって2ビームに分離され、一方はフォトダイオード133-1（図19の光検出器114-1に相当）によって光強度を電気信号に変換して出力する。またもう一方はビームコリメータ130-2に入力され出力光ファイバ104（図19の光ファイバ105-1に対応）から出力される。なお本図は光部品のみを図示しており、減算回路115は省略している。

【0067】

このように複数の光部品を小型のモジュールや基板に配置することによって各部品の温度変化や振動の影響を小とできるため、本発明の実現に有効である。また、本例のように温度依存性の大きなファブリーペローエタロン 1 3 2 - 1 と 1 3 2 - 2 を熱的に結合された同一の基板上に配置すれば両者の波長ずれを防ぐことができる。

【 0 0 6 8 】

図 2 1 は本発明の第 9 の実施形態の構成図である。本例も同様に本発明の波長ずれ検出機能付き狭帯域光フィルタ 1 1 8 の具体的な実現例である。本例では同一のファブリーペローエタロン 1 3 2 を 2 つの光ビームに対して透過周波数のずれた 2 つの光狭帯域フィルタとして共用し、さらに波長基準デバイスを搭載して、光信号の波長および狭帯域光フィルタの透過周波数に波長安定化を施している。本例の場合、ビームコリメータ 1 3 0 - 1 で並行ビームに変換された入力光信号は、ビームサンプラー 1 3 5 によって 2 つに分離され、両ビームは異なる傾きで同一のファブリーペローエタロン 1 3 2 に入力され、エタロンを透過した各光ビームの強度はフォトダイオード 1 3 3 - 1、1 3 3 - 2 で検出され、それぞれ光強度検出信号 1 3 9 - 1、1 3 9 - 2 として出力される。両ビームに対するファブリーペローエタロン 1 3 2 の透過率は、周期および波長がわずかにずれたものとなるため、これらの透過率が等しくなる点に光信号波長を安定化することできる。このようにひとつの光フィルタを 2 つの光信号に共用することで、より簡単かつ安価に透過周波数が一定量だけずれた光フィルタ対が実現できる。特に 2 つの独立な光フィルタを用いる場合に比べ、温度変化などに対する特性の変化が小さく極めて安定な特性が得られる利点がある。

【 0 0 6 9 】

本例でもファブリーペローエタロンを透過した光信号の一方は、ビームスプリッタ 1 3 1 - 1 によってさらに分離され、光 V S B 信号 1 3 6 としてビームコリメータ 1 3 0 - 2 を介して出力光ファイバ 1 0 4 から出力される。この際、光 V S B 信号 1 3 6 の一部はさらにビームスプリッタ 1 3 1 - 2 によって分岐され、波長誤差検出部 1 3 8 に導かれている。

【 0 0 7 0 】

波長誤差検出部 1 3 8 では、光信号は再びビームスプリッタ 1 3 1 - 3 で分岐され一方の光信号はフォトダイオード 1 3 3 - 3 で光信号の全光強度が測定され、光強度検出信号 1 3 9 - 3 として出力される。他方は、波長基準デバイス 1 3 7 に入力されたのち、透過信号強度がフォトダイオード 1 3 3 - 4 で測定され、光強度検出信号 1 3 9 - 4 として出力される。波長基準デバイスは、光信号の波長によって透過特性が変化する特性を持っている。従来の波長安定化手法の場合には光信号の波長を変化させて光波長を安定化するが、本例ではファブリーペローエタロン 1 3 2 の透過波長を変化させる。即ち、2つの光強度検出信号 1 3 9 - 3 および 1 3 9 - 4 の強度が一定の比率となるように、温度制御信号 1 4 1 を変化させることで温度制御部 1 4 0 およびこの上に実装されたファブリーペローエタロン 1 3 2 の温度を変化させる。この結果、ファブリーペローエタロン 1 3 2 の透過特性が波長方向にゆっくりと変化するため、このファブリーペローエタロン 1 3 2 に安定化された光信号の波長も同時に変化し、光信号の波長を波長基準デバイス 1 3 7 の定める所定波長に安定化することが可能となる。

【 0 0 7 1 】

このように V S B 化後の光信号を波長安定化デバイスに入力して波長安定化を施すことで、V S B 光信号の重心波長が I T U で規定された基準波長に安定化できる。このため、本発明では V S B 化による光信号の中心波長のずれを考慮した複雑な制御を行なう必要がなくなるという利点がある。また波長誤差検出部 1 3 8 を外部に取り出すことが可能になるので、標準化された安価な汎用部品を適用することも可能である。

【 0 0 7 2 】

なお同一の狭帯域光フィルタを透過特性のずれた 2 つの光フィルタとして共用する例としては、上記の例のほかに狭帯域光フィルタへの入射位置や入射偏波状態によって光共振器の位相や反射率がわずかに変化するように設定し、2つの光信号を入射位置や偏波状態を変化させて入力するなどの手段でも実現できる。また導波路や光ファイバグレーティングなどにおいても、同一の媒体上に 2 つの光フィルタを形成することが可能であり、これらを上記の透過特性のずれた光フィルタ対として利用可能である。

【 0 0 7 3 】

尚、上記では1波長の光信号のみが入力された場合を例として説明を行なったが、複数の波長を用いる際にも本安定化手法が適用可能である。この場合、波長検出部の入力部に特定の波長のみを透過する光フィルタを挿入し、この波長のずれ情報のみをファブリーペローエタロン132の制御に用いてもよい。また第7の実施形態のように各波長ごとに低周波正弦波変調などを施し、波長ずれ情報の識別ができるようにし、この情報を用いて波長制御を行っても構わない。

【 0 0 7 4 】

以上、本願発明の実施の諸形態を説明したが、以下にその主な形態をとりまとめて列挙する。

(1) 情報信号によって変調された光信号の波長帯域幅を光フィルタによって狭窄化する光帯域狭窄化方式において、第1の光合波器を用いて複数の波長の異なる光信号を合波したのちに、概光フィルタとして波長に対して周期的な透過特性を持つ光フィルタを用いて、前記複数の光信号を一括して帯域狭窄化することを特徴とした波長多重光帯域狭窄化送信装置。

(2) 光フィルタを用いて光信号の片側サイドバンドを取り出す光残留サイドバンド変調方式において、第1の光合波器を用いて複数の波長の異なる光信号を合波したのちに、概光フィルタとして波長に対して周期的な透過特性を持つ光フィルタを用いて、複数の光信号から同時にそれぞれの片側サイドバンドを取り出し、一括して残留サイドバンド信号に変換することを特徴とした波長多重光残留サイドバンド送信装置。

(3) 互いに N (N は2以上の整数) 番目の波長ごとに波長インタリーブされた N 組の波長多重信号を出力する N 個の請求項1ないし2の波長多重光帯域狭窄化送信装置もしくは波長多重光残留サイドバンド送信装置を備え、概 N 組の波長多重光を、互いの偏波状態を制御することなく、第2の光合波器によって合波することを特徴とした波長多重光帯域狭窄化送信装置もしくは波長多重光残留サイドバンド送信装置。

(4) 互いに N (N は2以上の整数) 番目の波長ごとに波長インタリーブされた N 組の波長多重信号を出力する N 個の波長多重光送信装置、もしくは前記(1)

の波長多重光帯域狭窄化送信装置、ないしは前項（２）の波長多重光残留サイドバンド送信装置を備え、

前記N組の波長多重光を、互いの偏波状態を制御することなく、第２の光合波器によって合波して出力する波長多重送信装置において、

第２の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、かつ第２の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、また第２の光合波器の複数の透過ピーク波長を第２の光合波器に入射される各光信号の中心波長に略一致させることを、もしくは各光信号の片側サイドバンド部に略一致させることを、

特徴とした波長多重光帯域狭窄化送信装置もしくは波長多重光残留サイドバンド送信装置。

（５）第１の光合波器を用いて複数の波長の異なる光信号を合波する、互いにN（Nは２以上の整数）番目の波長ごとに波長インタリーブされたN組の波長多重信号を出力するN個の波長多重光送信装置、もしくは前記（１）の波長多重光帯域狭窄化送信装置、ないしは前項（２）の波長多重光残留サイドバンド送信装置を備え、

前記N組の波長多重光を第２の光合波器によって合波して出力する波長多重送信装置において、

第１の光合波器として透過率に波長依存性のある光合波器を用い、かつ第１の光合波器の各波長の光信号に対する透過帯域幅を光信号のスペクトル幅より小とし、

又、第１の光合波器の光透過ピーク波長を第１の光合波器に入射される光信号の中心波長に一致させることを、もしくは第１の光合波器に入射される光信号の片側サイドバンド部に略一致させることを、

特徴とした波長多重光帯域狭窄化送信装置もしくは波長多重光残留サイドバンド送信装置。

（６）光フィルタを用いて情報信号で変調された光信号の片側サイドバンドを取り出す光残留サイドバンド方式において、

光信号を複数の光路に分岐し、透過帯域幅が信号のスペクトル幅より狭い一個以

上の光フィルタ透過せしめ、各光路に対して光フィルタの透過特性のピーク波長が互いにわずかに異なるように設定し、このうちひとつの光路を通過した光信号を光残留サイドバンド信号として情報信号の伝送に用い、かつおのこの光路を透過した光信号強度が等しくもしくは一定の比率となるように、光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした光残留サイドバンド送信装置。

(7) 前項(2)、(3)、(4)、(5)或いは(6)の光残留サイドバンド送信装置において、

前記周期的透過特性を持つ第1の光フィルタと、

第1の光フィルタの透過特性のピークとわずかに波長のずれた点に透過特性のピークを持ちかつ周期的透過特性を持つ第2の光フィルタを備え、

前記波長多重された光信号を分岐し第1、第2の光フィルタに透過せしめ、このうち第1の光フィルタを透過した波長多重光信号を光残留サイドバンド信号として用い、

且つそれぞれの波長の光信号について第1、第2の光フィルタを透過した光信号強度が等しくもしくは一定の比率となるように、

それぞれの光信号の波長もしくは光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした波長多重光残留サイドバンド送信装置。

(8) 情報信号によって変調された光信号の波長帯域幅を光フィルタによって狭窄化する光帯域狭窄化方式、もしくは光フィルタによって光信号の片側サイドバンドを取り出す光残留サイドバンド変調方式において、

前記光フィルタとして波長に対して周期的な透過特性を持つ光フィルタを備え、

且つ波長に対して周期的な特性を持つ波長基準デバイスを備え、

前記光フィルタの透過特性の波長周期と、前記波長基準デバイスの波長周期とを互いに整数倍、もしくは整数分の1とすることを、もしくは両者を共用することを特徴とした光帯域狭窄化送信装置もしくは光残留サイドバンド送信装置。

(9) 前項(8)の光帯域狭窄化送信装置もしくは光残留サイドバンド送信装置において、少なくとも概光フィルタの波長周期以上にわたって出力光波長を可変することが可能な光源を備えることを特徴とした光帯域狭窄化送信装置もしくは

光残留サイドバンド送信装置。

(10) 光フィルタを用いて情報信号で変調された光信号の帯域を狭窄化する光帯域狭窄化方式、もしくは光フィルタを用いて片側サイドバンドを取り出す光残留サイドバンド変調方式において、信号波長の波長基準デバイスを備え、前記光フィルタと前記波長基準デバイスを同一の筐体ないし基盤上に配置し、両者が互いに熱的に結合し両者の透過特性に波長ずれが生じないようにしたことを特徴とした光帯域狭窄化送信装置もしくは光残留サイドバンド送信装置。

(11) 光フィルタを用いて情報信号で変調された光信号の帯域を狭窄化する光帯域狭窄化方式、もしくは光フィルタを用いて片側サイドバンドを取り出す光残留サイドバンド変調方式において、光信号の波長基準となる波長基準デバイスを備え、両者の透過特性が互いに所定位置から波長ずれを生じないように前記波長基準デバイスを基準に概光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした光帯域狭窄化送信装置もしくは光残留サイドバンド送信装置。

(12) 前項(11)の光残留サイドバンド送信装置において、光信号の中心波長が前記光フィルタの透過率のピークに対して所定量の波長ずれを生じるように制御し、かつ前記光フィルタによって光信号を片側サイドバンド化し、

且つ片側サイドバンド化された光信号の重心波長が概波長基準デバイスの基準波長に一致するように前記光フィルタの透過波長を制御することを特徴とした光残留サイドバンド送信装置。

(13) 前項(11)あるいは(12)において、前記光フィルタとして前項(6)、(7)、(8)、あるいは(9)の要件を合わせ持つことを特徴とした光残留サイドバンド送信装置。

【0075】

【発明の効果】

本発明によって、より高性能な光VSB方式や光帯域狭窄方式を提供することが出来る。構成的にも、本願発明は光VSB方式や光帯域狭窄方式を用いた場合に必要となる狭帯域光フィルタの数を大幅に削減できる。

【0076】

又、本願発明の別な側面によれば、波長インタリーブ構成を取ることで周期性狭帯域光フィルタの特性を改善でき、同時に隣接波長の光信号からのクロストークを低減できる。

【 0 0 7 7 】

又、本発明の波長安定化手法によって、光信号の中心波長と光フィルタの中心波長の位置関係を高精度に安定化し、伝送特性や波形の劣化やクロストークの発生を防ぐことができる。

【 0 0 7 8 】

又、本願発明の更に別な側面によれば、ITU標準などで決められた一定の波長間隔や絶対波長でVSB光信号や帯域狭窄化光信号が得られるようになり、光源の波長可変を行う場合にはその範囲を拡大できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明の第 1 の実施形態を示す図である。

【図 2】

図 2 は図 1 における光信号のスペクトルと光フィルタの透過特性を示す図である。

【図 3】

図 3 は本発明の第 1 の実施形態におけるクロストークの発生の説明図である。

【図 4】

図 4 は本発明の第 2 の実施形態を示す図である。

【図 5】

図 5 は図 4 における光信号のスペクトルと光フィルタの透過特性を示す図である。

【図 6】

図 6 は従来の光 VSB 送信機もしくは光帯域狭窄送信機の構成を示す図である。

【図 7】

図 7 は図 6 における光信号のスペクトルと光フィルタの透過特性を示す図であ

る。

【図 8】

図 8 は本発明のインタリーバの構成例である。

【図 9】

図 9 は本発明のインタリーバの動作を光スペクトル上で説明する図である。

【図 1 0】

図 1 0 は本発明の第 3 の実施形態を示す図である。

【図 1 1】

図 1 1 は図 1 0 における光信号のスペクトルと光フィルタの透過特性を示す図である。

【図 1 2】

図 1 2 は本発明の第 4 の実施形態を示す図である。

【図 1 3】

図 1 3 は図 1 2 における光信号のスペクトルと光フィルタの透過特性を示す図である。

【図 1 4】

図 1 4 は本発明の第 5 の実施形態を示す図である。

【図 1 5】

図 1 5 は図 1 4 における狭帯域光フィルタと光信号の波長配置を示す図である。

【図 1 6】

図 1 6 は図 1 4 における光信号の波長制御の原理を示す図である。

【図 1 7】

図 1 7 は本発明の第 6 の実施形態を示す図である。

【図 1 8】

図 1 8 は図 1 7 における狭帯域光フィルタと光信号の波長配置を示す図である。

【図 1 9】

図 1 9 は本発明の第 7 の実施形態を示す図である。

【図 2 0】

図 2 0 は本発明の第 8 の実施形態を示す模式的な斜視図である。

【図 2 1】

図 2 1 は本発明の第 9 の実施形態を示す図である。

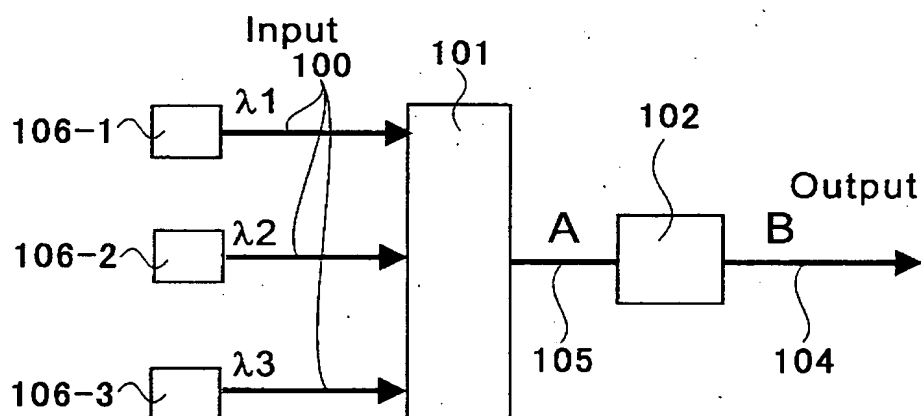
【符号の説明】

100・・・入力光ファイバ、101・・・第 1 の光合波器、102・・・周期性狭帯域光フィルタ、103・・・第 2 の光合波器、104・・・出力光ファイバ、105・・・光ファイバ、106・・・信号光源、107・・・光カプラ、108・・・光導波路、109・・・狭帯域光フィルタ付きインターバ、110・・・半導体光源、111・・・温度制御回路、112・・・光分岐器、113・・・狭帯域光フィルタ、114・・・光検出器、115・・・減算回路、116・・・零点制御回路、117・・・制御信号、118・・・波長ずれ検出機能付き狭帯域光フィルタ、120・・・波長可変光源、121・・・周期性狭帯域光フィルタ、122・・・正弦波発振器、123・・・加算器、124・・・バンドパスフィルタ、125・・・誤差信号、130・・・ビームコリメータ、131・・・ビームスプリッタ、132・・・ファブリーペローエタロン、133・・・フォトダイオード、134・・・温度安定化基板、135・・・ビームサンプラー、136・・・光 V S B 信号、137・・・波長基準デバイス、138・・・波長誤差検出部、139・・・光強度検出信号、140・・・温度制御部、141・・・温度制御信号。

【書類名】 図面

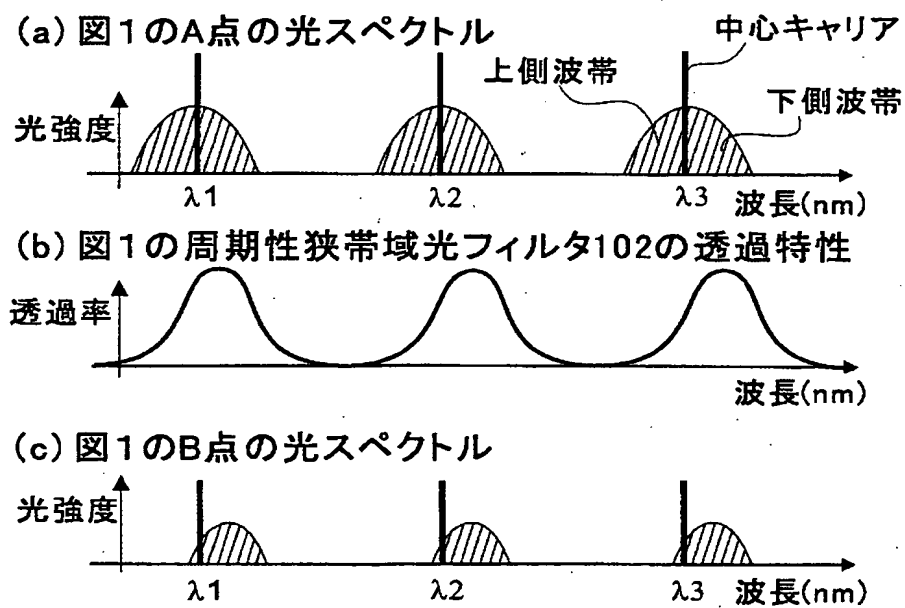
【図 1】

図.1



【図 2】

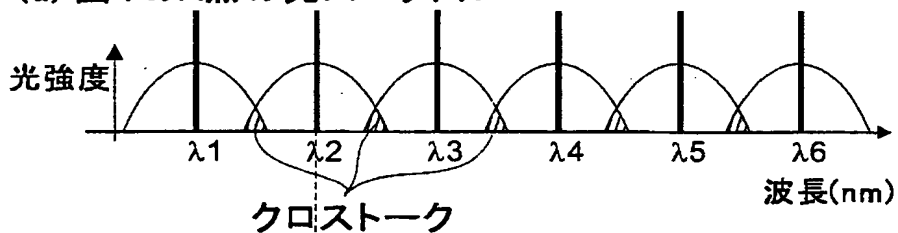
図.2



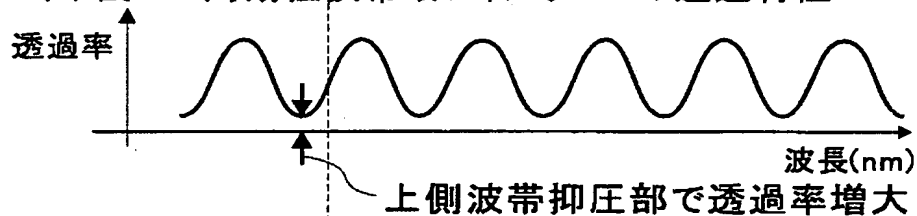
【図 3】

図.3

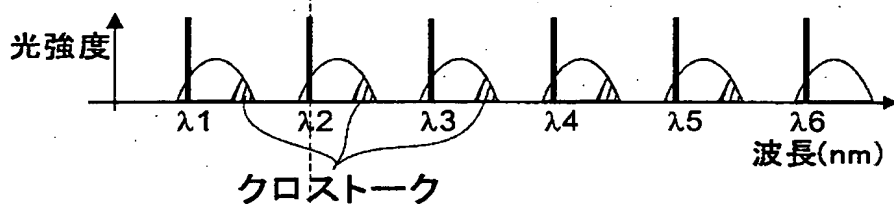
(a) 図1のA点の光スペクトル



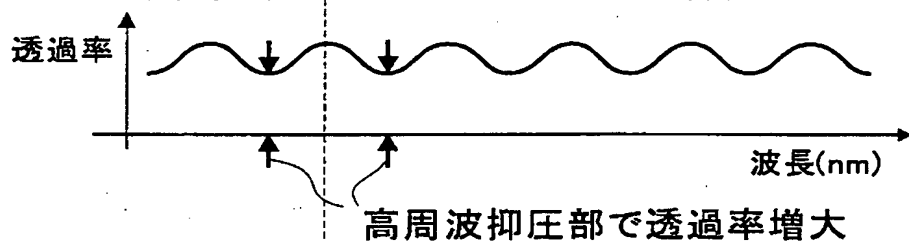
(b) 図1の周期性狭帯域フィルタ102の透過特性



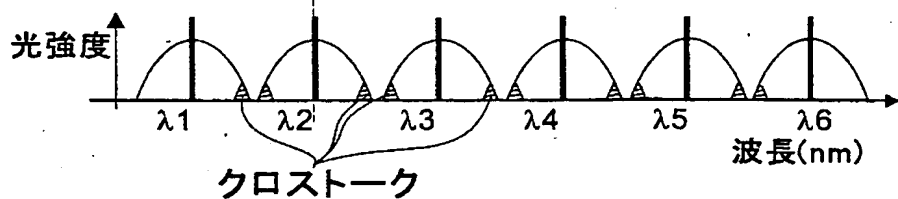
(c) 図1のB点の光スペクトル



(d) 光帯域狭窄化送信機における
周期性狭帯域光フィルタ102の透過特性

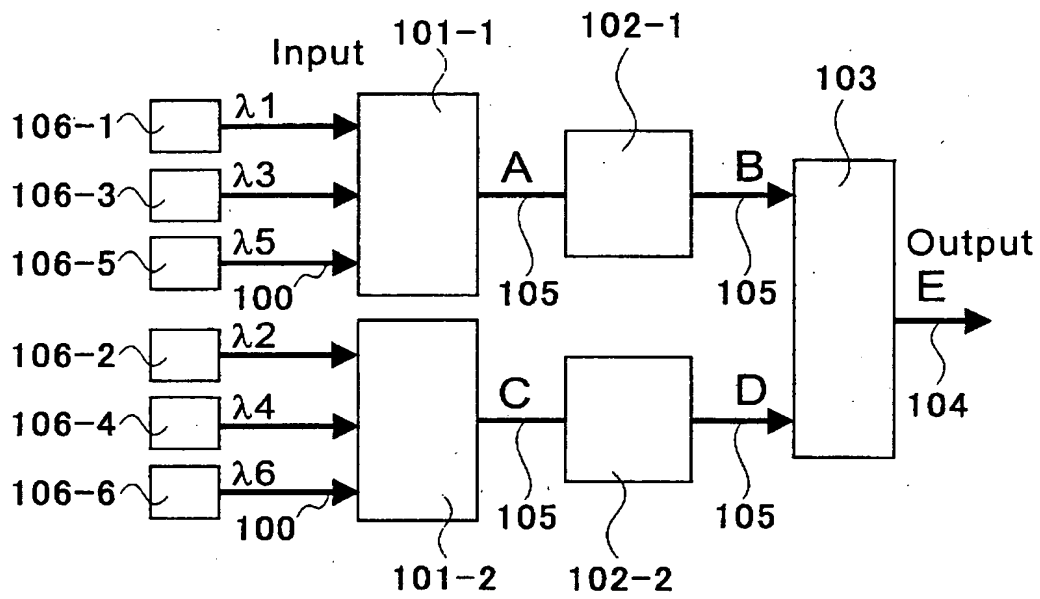


(e) 光帯域狭窄化送信機における図1のB点の光スペクトル



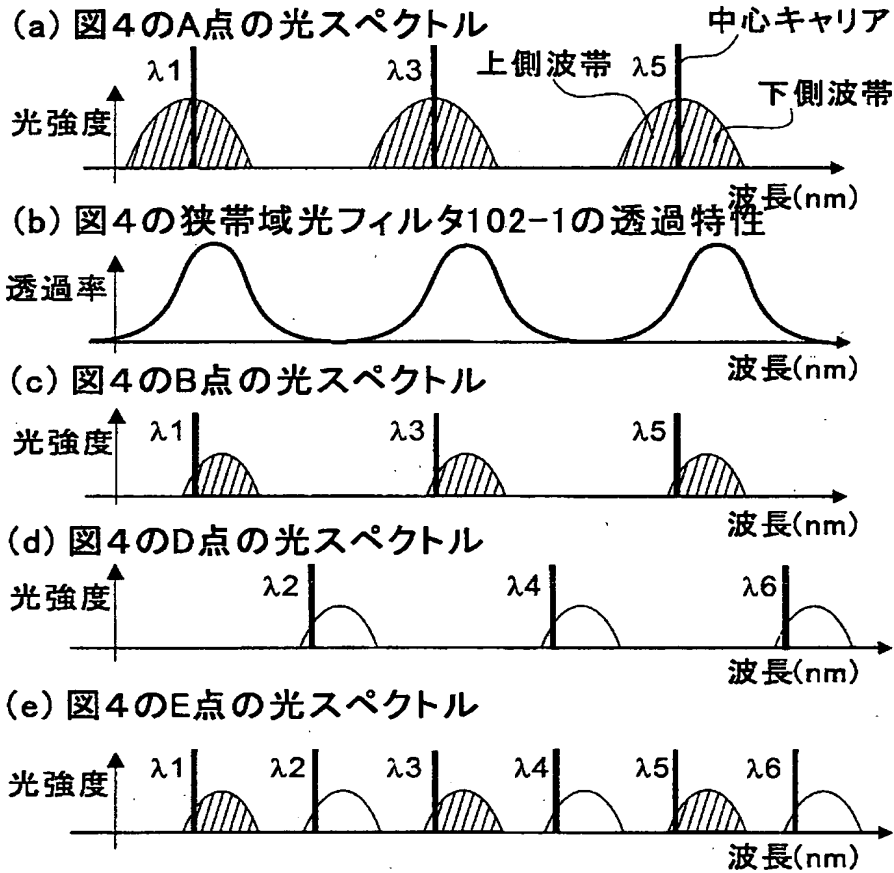
【図 4】

図.4

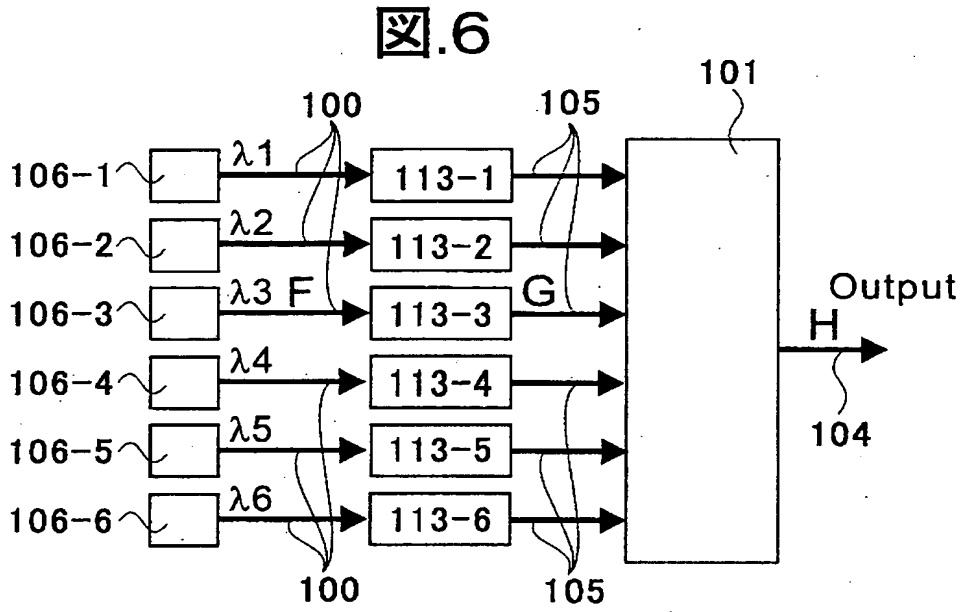


【図5】

図.5

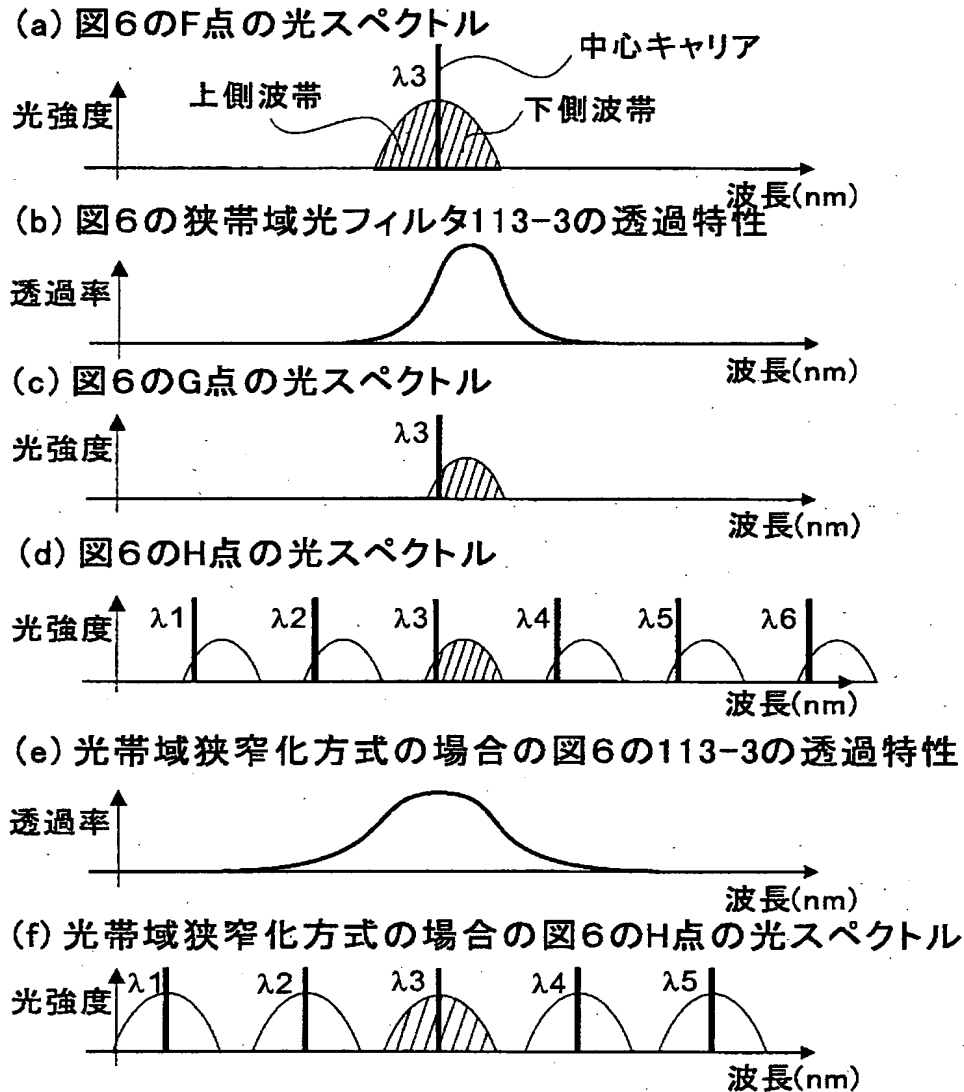


【図 6】



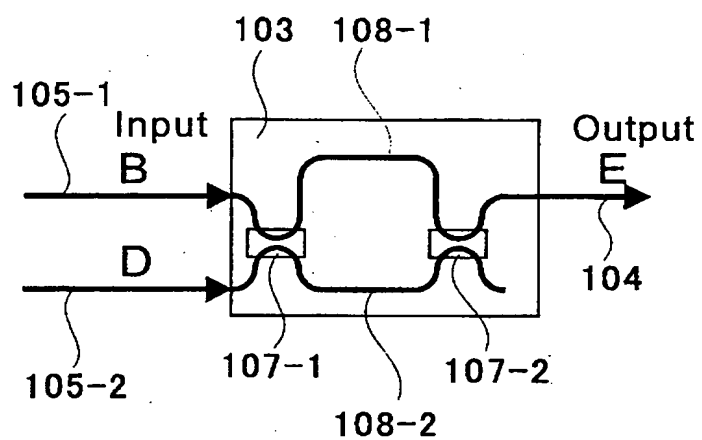
【図 7】

図.7



【図 8】

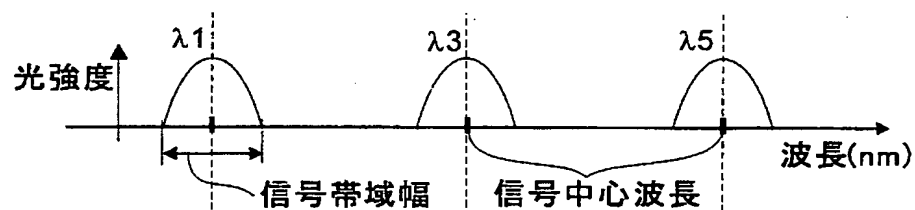
図.8



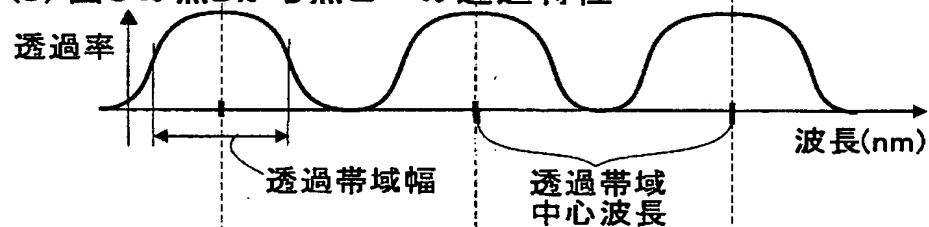
【図9】

図.9

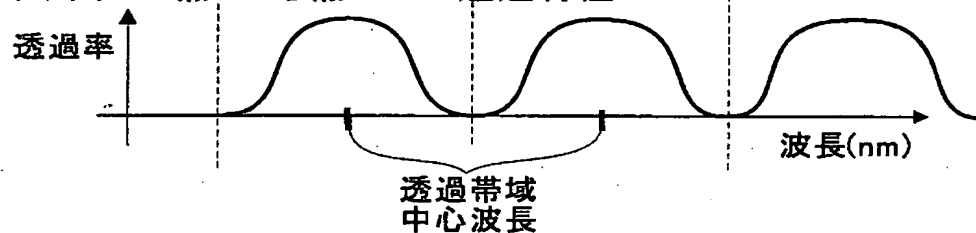
(a) 図8の点Bの光スペクトル



(b) 図8の点Bから点Eへの透過特性

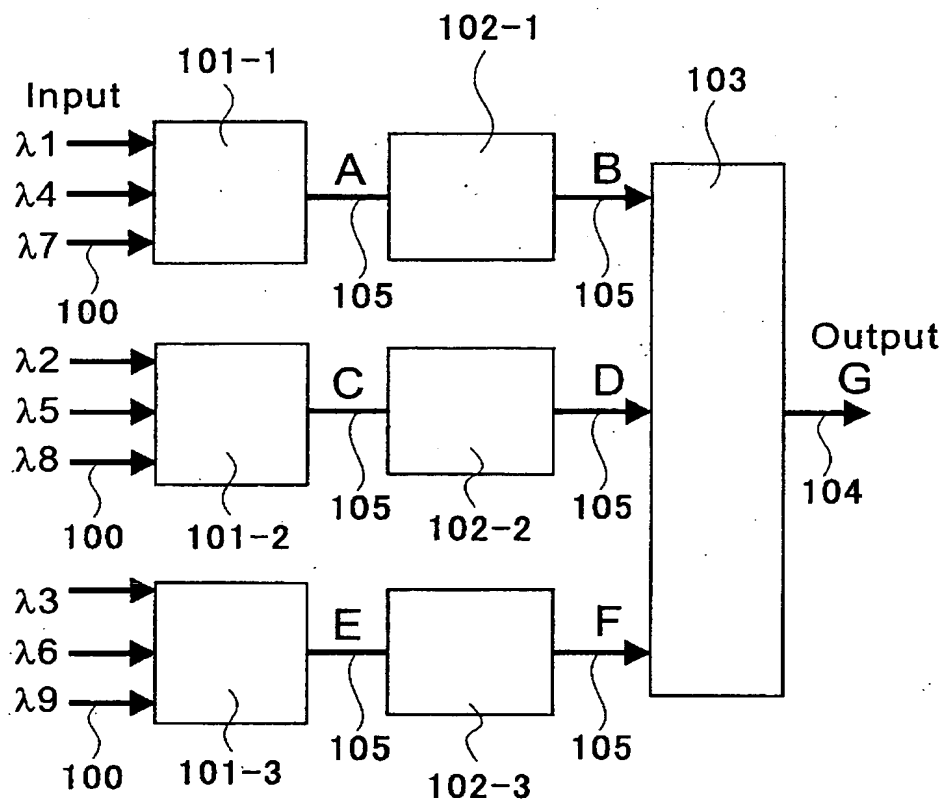


(c) 図8の点Dから点Eへの透過特性



【図 1 0】

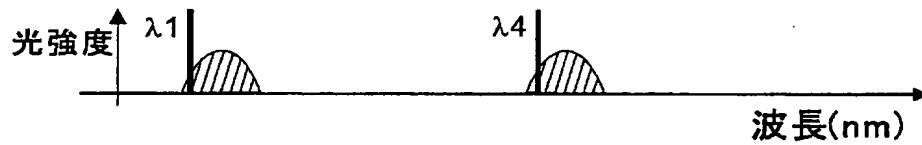
図.10



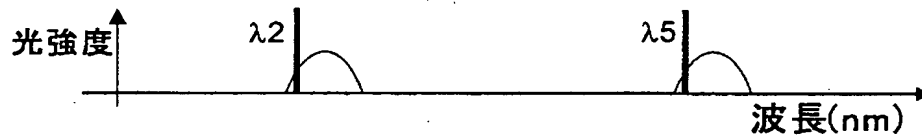
【図11】

図.11

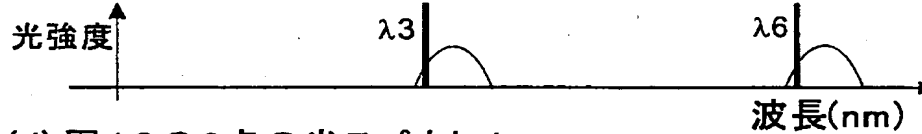
(a) 図10のB点の光スペクトル



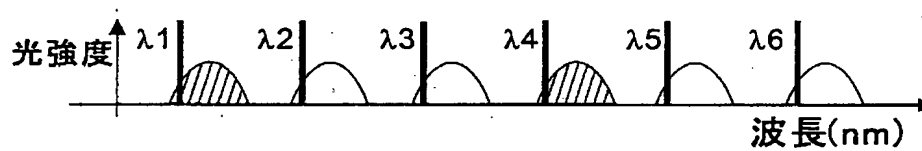
(b) 図10のD点の光スペクトル



(c) 図10のF点の光スペクトル

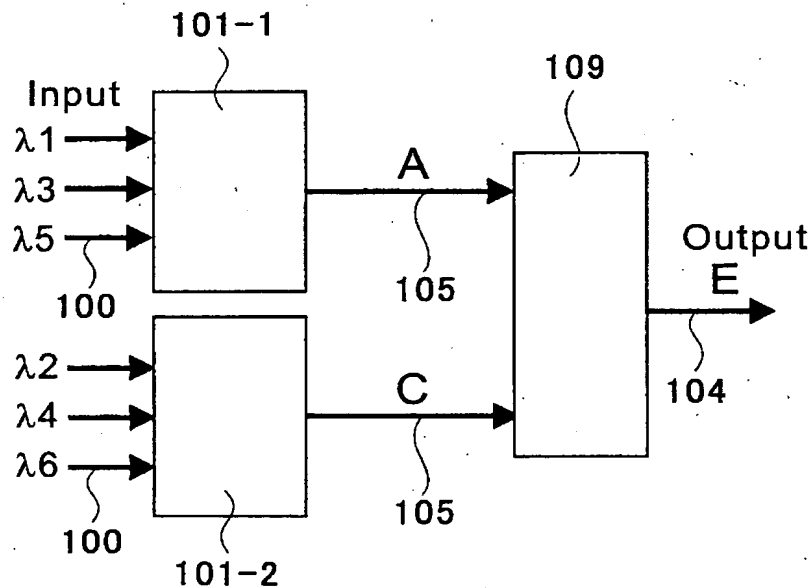


(d) 図10のG点の光スペクトル



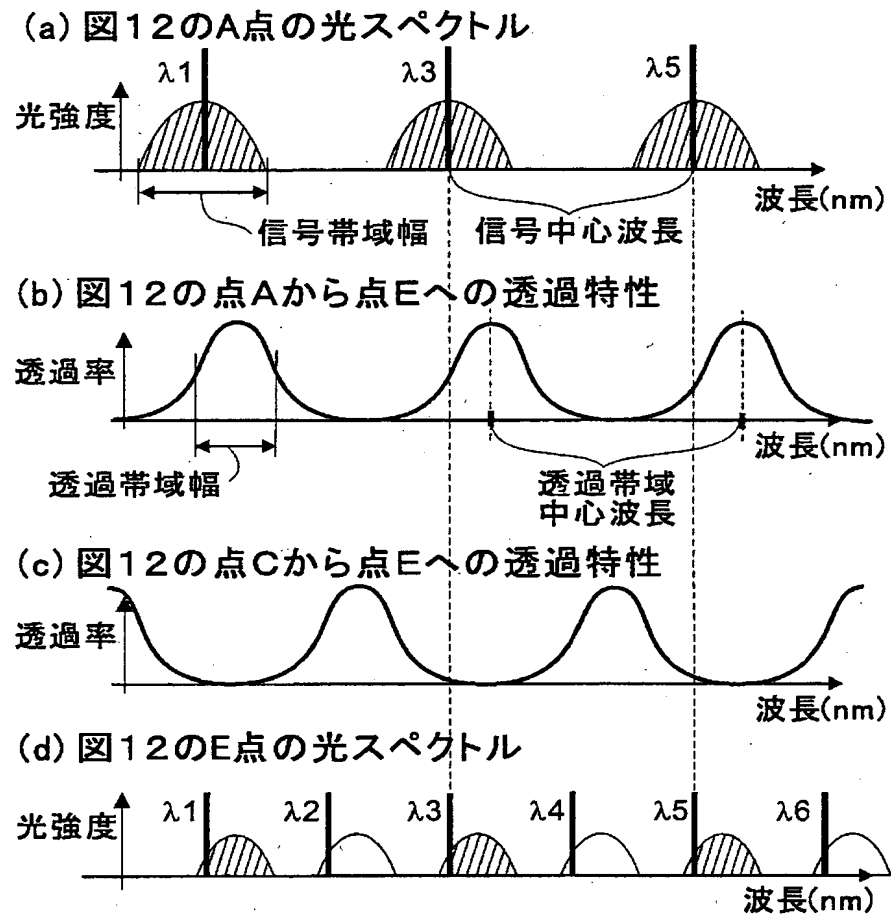
【図12】

図.12



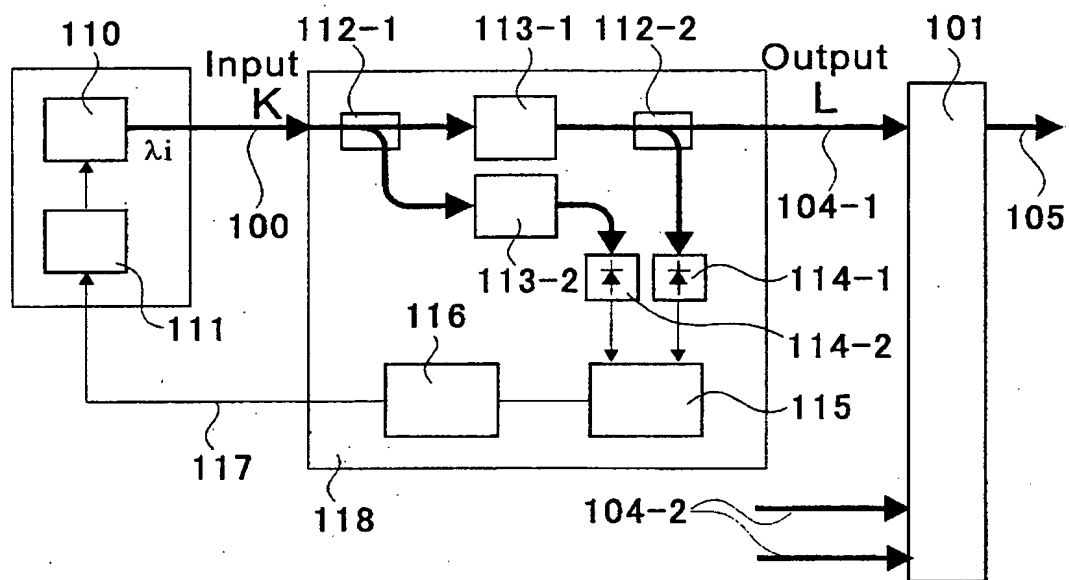
【図 13】

図.13



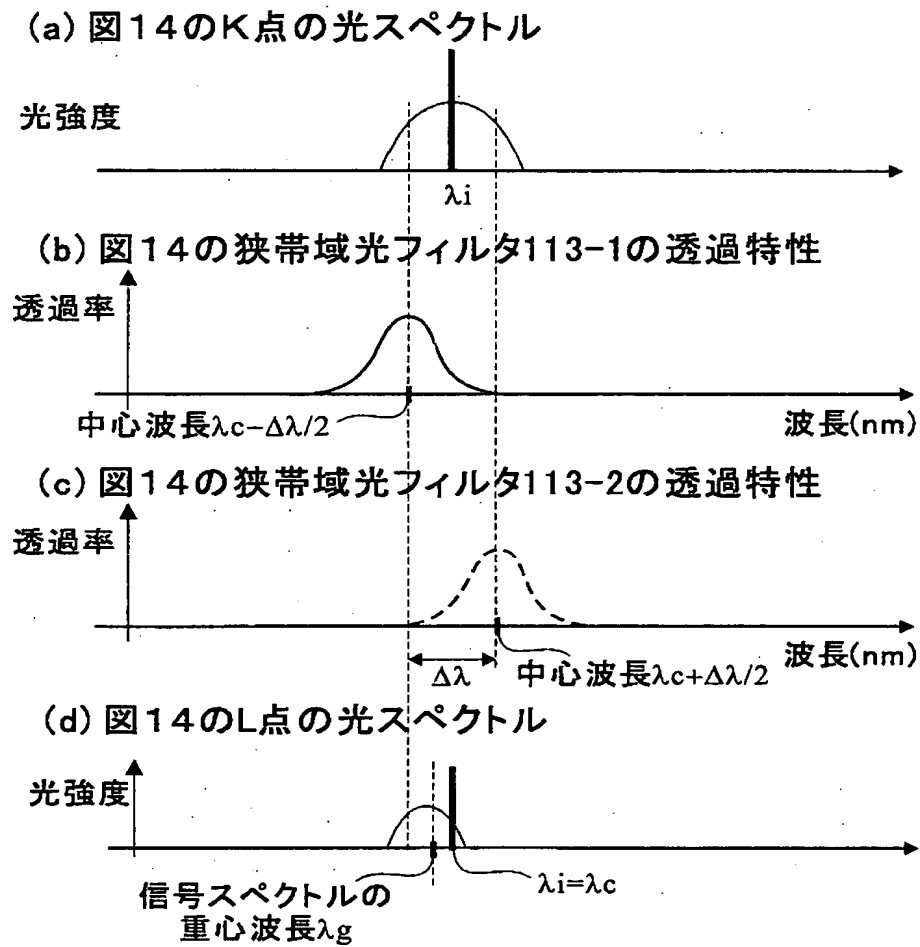
【図 1 4】

図.1 4



【図 15】

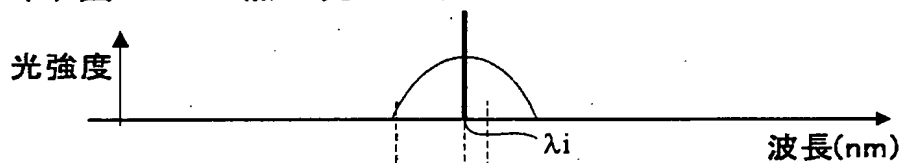
図.15



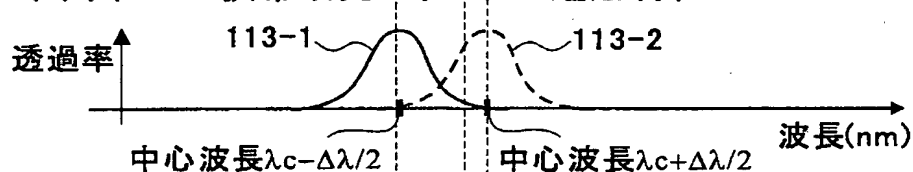
【図 1 6】

図.1 6

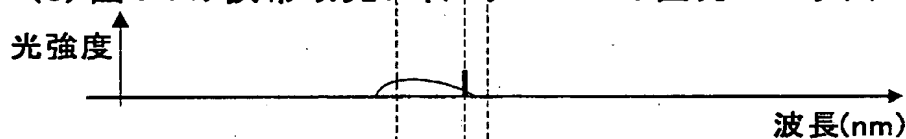
(a) 図 1 4 の K 点 の 光 スペクトル



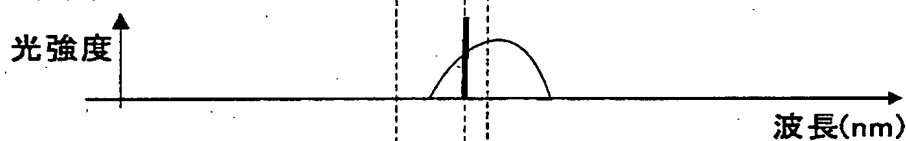
(b) 図 1 4 の 狭 帯 域 光 フィルタ の 透 過 特 性



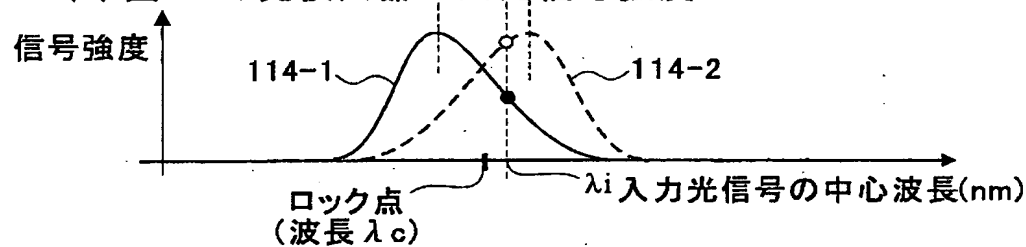
(c) 図 1 4 の 狭 帯 域 光 フィルタ 113-1 の 出 力 スペクトル



(d) 図 1 4 の 狭 帯 域 光 フィルタ 113-2 の 出 力 スペクトル

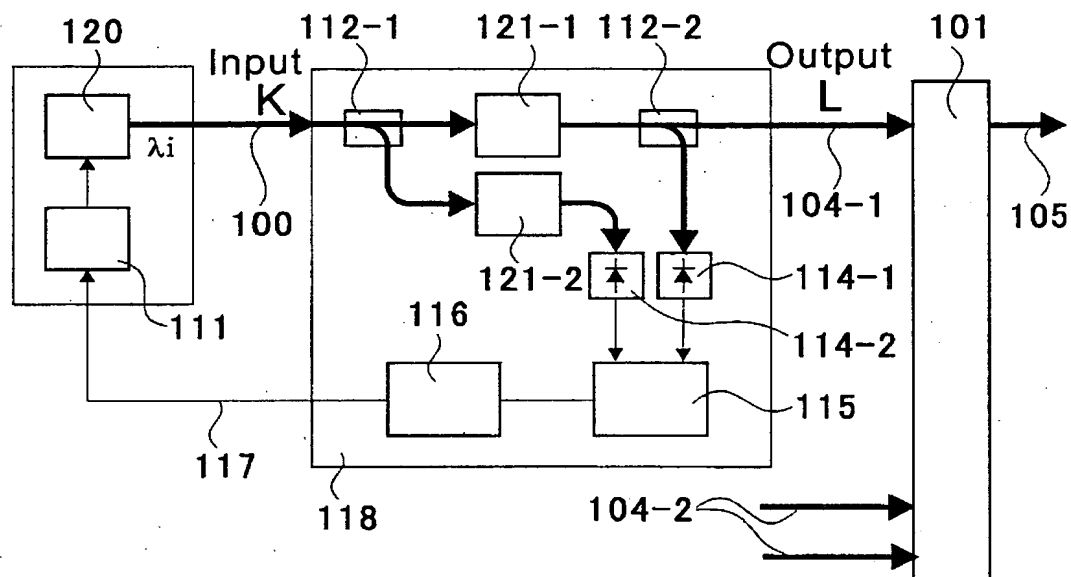


(e) 図 1 4 の 光 検 出 器 の 出 力 信 号 強 度



【図17】

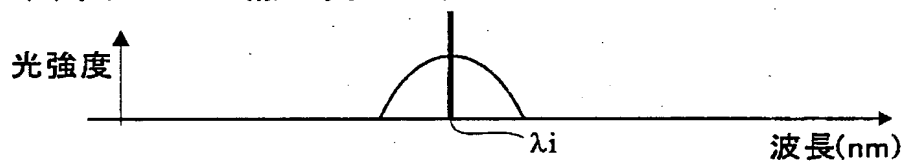
図.17



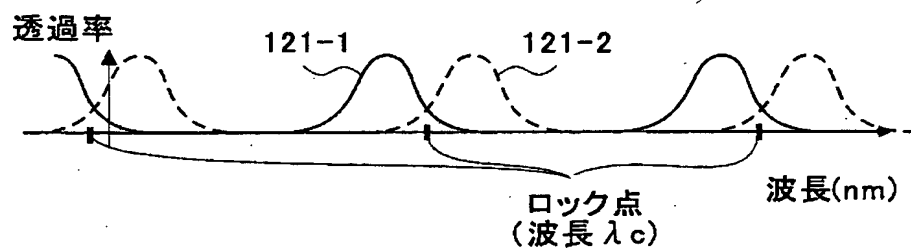
【図18】

図.18

(a) 図17のK点の光スペクトル

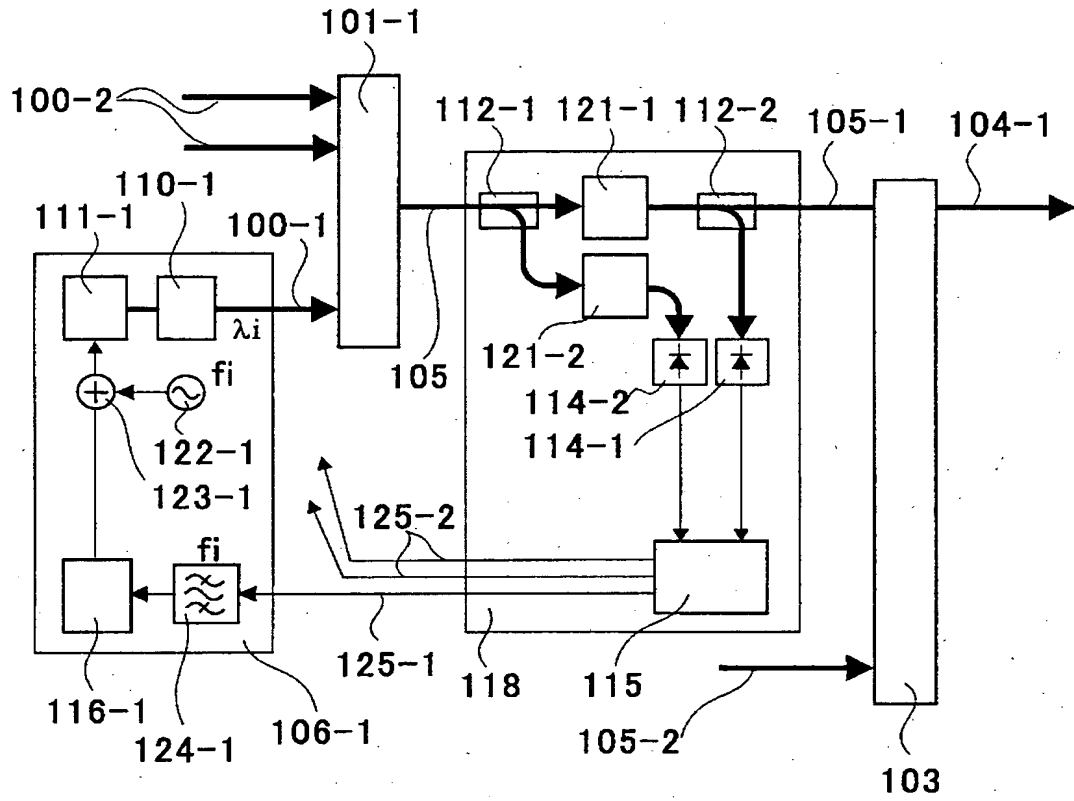


(b) 図17の周期性狭帯域光フィルタの透過特性



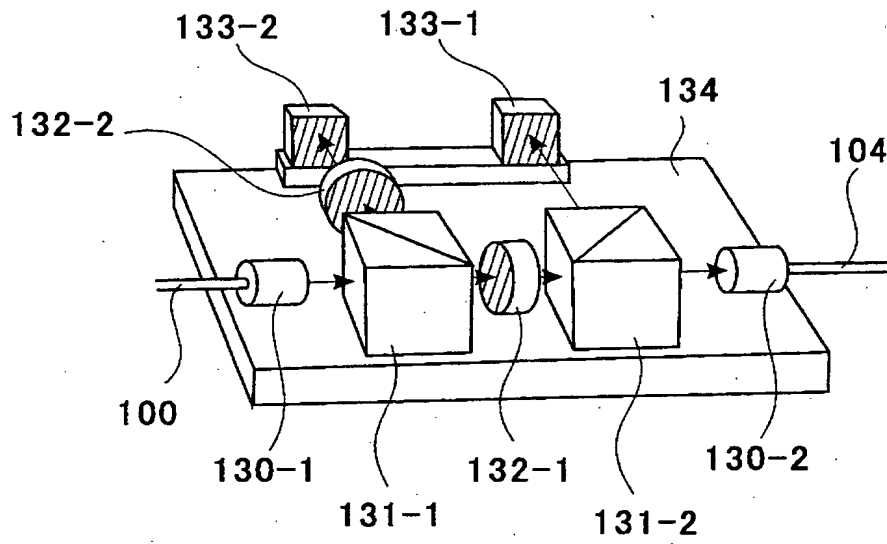
【図 1 9】

図.19



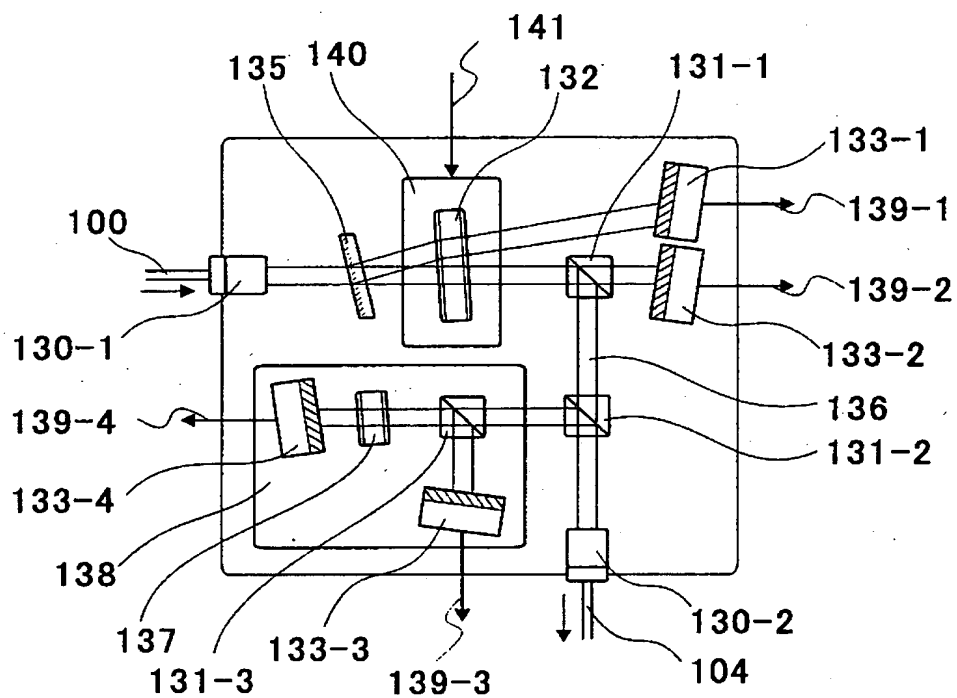
【図 2 0】

図.20



【図 21】

図.21



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光フィルタ数を低減し、また周期性光フィルタのクロストーク特性を改善する。

【解決手段】 周期性光フィルタでWDM信号を一括して残留サイドバンド信号に変換する。その一例を示せば、奇数波長の光信号（波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_5 ）および偶数波長の光信号（波長 λ_2 、 λ_4 、 λ_6 ）をそれぞれ第1の光合波器で波長多重し、それぞれ周期性狭帯域光フィルタでフィルタリングし光信号を残留サイドバンド（VSB）信号に変換する。これらを第2の光合波器で合成するインターリーブ構成とすることで、隣接チャネルからのクロストークを抑圧する。

【選択図】 図4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所